

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad  
global de equipos y su incidencia en el mejoramiento  
del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

Luis Carlos Bances Cruz

**ASESOR**

Oscar Rafael Tinoco Gomez

Lima - Perú

2017

## **RESUMEN**

En la presente tesis se verá como la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos incide en el mejoramiento del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos. Este sistema se basa en un indicador general, que resulta del producto de tres indicadores (disponibilidad, eficiencia y calidad).

En el primer capítulo se analizó los problemas existentes en la empresa, identificando como más grande problema la baja productividad, y junto a ello las causas raíces por la cual se da este problema.

En el segundo capítulo se verá el marco teórico que define planificación de la producción, el concepto actual de mejora continua, diversas metodologías de mejora continua, la productividad y la OEE propiamente dicha.

Para el capítulo tres, planteamos la hipótesis general, la aplicación de la OEE se relaciona con un aumento de la productividad, y las hipótesis específicas, donde relacionamos cada una de las variables independientes (disponibilidad, eficiencia y calidad) con las variables dependientes (tiempo de parada, productividad y rechazos)

El cuarto capítulo, se basa en todo el diseño metodológico que seguirá nuestra tesis y como desarrollaremos el análisis de los resultados de la muestra obtenida.

Finalmente el quinto capítulo, mostrará todos los resultados obtenidos, mediante una data y análisis estadísticos, que permitirá determinar si existe o no relación entre las variables; además de si las herramientas de mejora continua que se utilizaron ayudan a mejorar significativamente este indicador general.

### **Palabras Clave:**

OEE, Disponibilidad, Eficiencia, Calidad, Paradas, Productividad, Rechazos.

## **DEDICATORIA**

*Para Henry, Carmen Rosa, Henry E. y en especial a Valeria, por ser mi felicidad y hacer de mí una mejor persona cada día. A Pamela por hacer mi vida plena, ayudarme y acompañarme durante todo este proyecto. Y a mis compañeros del área de Puntas por su invaluable aporte en esta tesis.*

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
INDICE DE TABLAS .....	5
INDICE DE FIGURAS .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
1.1 Descripción de la realidad del problema .....	8
1.2 Definición del problema .....	9
1.2.1 Problema General.....	9
1.2.2 Problemas Específicos .....	9
1.3 Justificación e importancia de la investigación .....	9
1.4 Objetivos de la Investigación .....	10
1.4.1 Objetivo General .....	10
1.4.2 Objetivos específicos .....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Antecedentes del problema .....	11
2.1.1 Investigaciones en el extranjero.....	11
2.1.2 Investigaciones Nacionales.....	12
2.2 Bases teóricas .....	13
CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	21
3.1 Hipótesis General .....	21
3.2 Hipótesis Específicas.....	21
3.3 Variables.....	22
3.3.1 Identificación de variables.....	22
3.3.2 Operacionalización de variables .....	23
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
4.1 Tipo de Investigación.....	26
4.2 Diseño de la Investigación .....	26
4.3 Población y muestra .....	26
4.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	27
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	27
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
5.1 Presentación de Resultado.....	28
5.2 Contrastación de Hipótesis .....	42
5.2.1 Contrastación de hipótesis específicas: .....	42
5.2.2 Contrastación de hipótesis general .....	51
5.3 Discusión de Resultados .....	53
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
6.1 Conclusiones .....	55
6.2 Recomendaciones .....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los valores de la OEE. ....	19
Tabla 2: Estadísticos descriptivos de variables dependientes. ....	28
Tabla 3: Estadísticos descriptivos de variables independientes. ....	28
Tabla 4: Tiempo de paradas en máquina N°9 antes de aplicación de OEE .....	29
Tabla 5: Tabla de Pareto de fallas .....	30
Tabla 6: Capacidad de aceite y agua en máquina.....	30
Tabla 7: Tabla comparativa temperaturas en máquina 9 según intercambiador .....	33
Tabla 8: Consumo de rodajes Pre - OEE.....	33
Tabla 9: Consumo de rodajes Pre y Post - OEE .....	34
Tabla 10: Tiempo de paradas en máquina N°9 pre y post-aplicación de OEE.....	34
Tabla 11: Productividad en máquina N°9 antes de aplicación de OEE .....	36
Tabla 12: Productividad en máquina N°9 pre y post-aplicación de OEE .....	37
Tabla 13: Rechazos en máquina N°9 antes de aplicación de OEE .....	39
Tabla 14: Tabla de Pareto de fallas de calidad.....	40
Tabla 15: Rechazos en máquina N°9 pre y post-aplicación de indicador Calidad .....	41
Tabla 16: Evolución mensual OEE – Máquina N°9 .....	42
Tabla 17: Prueba de normalidad para variable paradas.....	42
Tabla 18: Estadísticas de muestras emparejadas .....	43
Tabla 19: Prueba de muestras emparejadas .....	43
Tabla 20: Estadísticos descriptivos de disponibilidad y paradas.....	44
Tabla 21: Grado de correlación disponibilidad vs paradas.....	44
Tabla 22: Prueba de normalidad para variable productividad .....	45
Tabla 23: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Productividad pre y post aplicación .....	46
Tabla 24: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Productividad pre y post aplicación. Estadísticos de prueba.....	46
Tabla 25: Estadísticos descriptivos de disponibilidad y paradas.....	47
Tabla 26: Grado de correlación eficiencia vs productividad .....	47
Tabla 27: Prueba de normalidad para variable Rechazos.....	48
Tabla 28: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Rechazos pre y post aplicación .....	49
Tabla 29: Estadísticos de prueba: Rechazos pre y post aplicación .....	49
Tabla 30: Estadísticos descriptivos de calidad y rechazos.....	50
Tabla 31: Estadísticos descriptivos de Calidad vs Rechazos .....	50
Tabla 32: Estadísticos descriptivos de OEE y Productividad .....	52
Tabla 33: Estadísticos descriptivos de OEE vs Productividad .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de la OEE.....	18
Figura 2. Tiempo de paradas pre-aplicación OEE en máq.9..	30
Figura 3. Resumen de control de temperaturas por máquina..	31
Figura 4. Tiempo de paradas pre y post-aplicación OEE en máq.9.....	35
Figura 5. Productividad (pzs/Hr) pre-aplicación OEE en máq.9.....	36
Figura 6. Productividad (pzs/Hr) pre y post-aplicación OEE en máq.9.....	38
Figura 7. Cantidad de rechazos (pzs) pre-aplicación OEE en máq.9..	39
Figura 8. Cantidad de rechazos (pzs) pre y post-aplicación OEE en máq.9. ....	41
Figura 9. Diagrama de muestras emparejadas. Tiempo de Paradas pre y post aplicación .....	44
Figura 10. Disponibilidad vs Paradas.....	45
Figura 11. Diagrama de muestras emparejadas. Productividad pre y post aplicación .	47
Figura 12. Eficiencia vs Productividad. ....	48
Figura 13. Diagrama de muestras emparejadas. Rechazos pre y post aplicación .....	50
Figura 14. Calidad vs Rechazos..	51
Figura 14. Productividad vs OEE. ....	52

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es importante que las empresas tomen importancia del papel que desempeña el mejoramiento continuo para diferenciarse en el mercado y poder prevalecer frente a la gran competencia existente; para ello es necesario que utilice herramientas de mejora continua como el sistema de indicadores OEE, de esta forma no solo se alcanzara los objetivos planteados sino también para plantear medidas correctivas y preventivas.

En el área de fabricación de puntas de bolígrafo se tiene el mayor porcentaje de rechazos mensuales de toda la fábrica, además de mermas con el material (alambre de latón) permitidas hasta en un 10% y pérdidas usuales en los tiempos de producción debido a las constantes regulaciones mecánicas ya sean por averías en las maquinas o por fallas en la calidad del producto.

De acuerdo a lo antes mencionado, se considera que la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de los equipos OEE en el área de puntas de bolígrafos, permitirá conocer y mejorar sustancialmente la situación actual del área, ya sea mediante mejoras en el proceso productivo, disminución de tiempos y/o pérdidas innecesarias de material, salvaguardando siempre la calidad del producto.

Finalmente, con la inducción de este sistema nuevo de indicadores, todo el personal involucrado tendrá un mejor panorama para intervenir en los problemas que se susciten en el área en general y específicamente en el proceso productivo mismo.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

En el área de fabricación de puntas de bolígrafo de la empresa AW. Faber-Castell peruana S.A., visiblemente el principal problema es la baja productividad del área; esto se debe entre otras cosas a que el área tiene el mayor porcentaje de rechazos mensuales de toda la fábrica, además de mermas con el material (alambre de latón) permitidas hasta en un 10% y pérdidas usuales en los tiempos de producción debido a las constantes regulaciones mecánicas ya sean por averías en las maquinas o por fallas en la calidad del producto.

Actualmente se lleva una data sucinta de las fallas de calidad en el área, datos aproximados de la producción por máquina y una plantilla de Excel recientemente implementada pero poco usada para anotar los datos por parada de máquina.

No se tiene una real medición de la situación actual del área; por ende se imposibilita la realización de una adecuada gestión en busca de mejoras continuas, que nos permita tener una mayor capacidad de respuesta ante las necesidades o demandas de nuestros clientes.

Aunado a lo expuesto, once de las doce máquinas en el área poseen tecnología en desuso y frecuentemente se le hacen modificaciones y/o adaptaciones, por lo que no existe aún una estandarización adecuada en las mismas.

Todo esto degenera en una pérdida de efectividad en el área, y por supuesto en pérdidas económicas para la empresa.



## **1.2 Definición del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo influye la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de los equipos (OEE) en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo influye la aplicación del indicador de disponibilidad en la disminución de tiempos de paradas?
- ¿Cómo influye la aplicación del indicador de eficiencia en el aumento de la productividad?
- ¿Cómo influye la aplicación del indicador de calidad en la disminución de rechazos?

## **1.3 Justificación e importancia de la investigación**

En la actualidad, es importante que las empresas tomen importancia del papel que desempeña el mejoramiento continuo para diferenciarse en el mercado y poder prevalecer frente a la gran competencia existente; para ello es necesario que utilice herramientas de mejora continua como el sistema de indicadores OEE, de esta forma no solo se alcancen los objetivos planteados sino también para plantear medidas correctivas y preventivas.

De acuerdo a lo antes mencionado, se considera que la implementación de un sistema de indicadores de efectividad global de los equipos OEE en el área de puntas de bolígrafo de la empresa AW.FABER-CASTELL PERUANA, permitirá conocer la situación actual para así poder aplicar mejoras en el proceso productivo, disminución de tiempos y pérdidas innecesarias de material, salvaguardando siempre la calidad del producto.

Finalmente, con la inducción a este sistema nuevo de indicadores, todo el personal involucrado tendrá un mejor panorama para intervenir en los problemas que se susciten en el área en general y específicamente en el proceso productivo mismo.

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Evaluar la relación de la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos (OEE) en la mejora del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Demostrar que la aplicación del indicador disponibilidad permite disminuir los tiempos de paradas.
- Demostrar que la aplicación del indicador eficiencia permite aumentar la productividad.
- Demostrar que la aplicación del indicador calidad permite disminuir los rechazos.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del problema**

#### **2.1.1 Investigaciones en el extranjero**

En la Universidad Tecnológica de Querétaro (México), Aldama (2013) realizó la implementación de un programa OEE para poder medir la eficiencia de cada máquina en un línea de producción lo cual impactaría en el productividad de la línea 3 de la empresa “Industria Envasadora de Querétaro S.A.” concluyendo lo siguiente, la OEE es una herramienta que al referenciar la efectividad de la máquina con máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad podemos focalizarnos íntegramente en las perdidas y con ello en el potencial de mejora existente y al multiplicar los tres componentes se convierte en un indicador que refleja el cociente entre lo que se está fabricando y lo que en teoría debería estarse fabricando durante un periodo de tiempo concreto. También Morh (2012) en la Universidad Austral de Chile realizó un estudio entre cuyas conclusiones se ratificó que la medición de la eficiencia de los equipos ayudara a la empresa a realizar cambios positivos en sus planes de producción, ya que a medida que el indicador vaya aumentando, se podrá realizar variaciones como por ejemplo el aumento de producción por línea, por turno, por producto, entre otros, lo que favorecerá al aumento de productividad, cumpliendo con los planes estipulados. Por otro lado Casimilas (2012) mostraron la influencia que tiene la tecnología y los métodos utilizados en el proceso productivo; puesto que la falta de tecnología de punta hace que alcanzar el nivel World Class, sea más difícil.

Alarcón (2014) realizó un estudio para la Universidad de Guayaquil (Ecuador) con el propósito de relacionar la implantación de OEE y la productividad en una empresa del sector plástico, si bien el total de unidades por unidad de tiempo son parte del OEE, sin embargo no es lo mismo que el clásico concepto de eficiencia que indica cuantas unidades produce una persona o máquina por unidad de tiempo. El OEE involucra la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. El OEE siendo solo un indicador no puede ser usado para comparar con los OEE de otros equipos. El OEE solo puede ser comparado contra el mismo equipo. El OEE no puede ser usado como “herramienta de castigo” o para medir el desempeño de los operadores. Esto puede llevar al fracaso de su implementación. Adicional Alonzo (2010) en un artículo para la Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya (Cuba), estudió el OEE como herramienta de mejora nos

corroborar que el OEE es un indicador fiable debido a que su cálculo no puede ser corrompido. Una vez que los estándares han sido establecidos, no tiene sentido dar información incorrecta. Cada uno de los tres factores que lo componen pueden ser alterado, pero el OEE permanece estable (ya que siempre lo podemos calcular como el ratio entre las piezas buenas obtenidas y las piezas que teóricamente deberíamos haber obtenido en el espacio de tiempo considerado). Los equipos de producción sólo podrían ocultar al proporcionar información errónea qué pérdida es la mayor y/o que mejoras tendrán el efecto deseado.

### **2.1.2 Investigaciones Nacionales**

Moncayo (2014) en un artículo publicado para la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo realizó un estudio para la aplicación de la herramienta OEE en el proceso de molienda para el aumento de efectividad de los equipos en la empresa agroindustrial Mecainnova S.A.C, en el cual menciona que La OEE informa sobre pérdidas y cuellos de botella del proceso, enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar nuevas inversiones. También Cavalcanti (2006) estudió adaptación de un Programa de Mantenimiento Productivo Total y aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de los equipos en lo cual concluyó la importancia del OEE dentro del TPM. Esto con la finalidad de servir como base para observar las fallas y por lo tanto establecer de manera precisa los puntos de mejora.

Cruzado (2014) realizó un estudio para la Universidad de Ciencias Aplicadas (Lima, Perú) sobre el Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de la productividad, en la cual menciona que este tiene como fin específico propiciar un programa de mantenimiento para que dé soporte al proceso. El modelo está basado en un programa de mantenimiento preventivo programado, sostenido por la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Esta metodología permite establecer las actividades de mantenimiento necesarias en base a las funciones que realizan las máquinas, así como de los resultados que se esperan obtener a través del funcionamiento de las mismas. Las actividades son identificadas a través de la herramienta AMFEC (Análisis de Modo de Fallas, Efectos y Criticidad), la cual se enfoca en los estados de falla, en los efectos producidos y en los períodos de tiempo en el cual se presentan, y así poder aumentar la disponibilidad de

la máquina. Adicional Apaza (2015) en su estudio de modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. concluyó que es necesario invertir en el desarrollo del OEE para luego implementar las mejoras en la gestión que son parte de la filosofía del TPM y así reducir las fallas por las paradas de equipos, fallas en calidad, etc. que se traducen en pérdidas económicas para la empresa. Sin embargo, ambas etapas pueden ser introducidas simultáneamente, esta elección depende de la gerencia de la compañía, para el diseño del cronograma de actividades se ha considerado que ambos procesos son simultáneos.

## **2.2 Bases teóricas**

### **Planificación de la producción (Rodríguez, 2011)**

El proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía.

Básicamente las cinco fases que componen el proceso de planificación y control de la producción son:

1. Planificación estratégica o a largo plazo.
2. Planificación agregada o a medio plazo.
3. Programación maestra.
4. Programación de componentes.
5. Ejecución y control.

Estas 5 fases de planificación de la producción se puede aplicar en cualquier tipo de empresa manufacturera, ya sea grande o pequeña, aunque la forma como estas 5 fases se desarrollen dependerán de las características de la empresa y de la mejora que quiere conseguir en el sistema productivo.

### **Productividad y eficiencia en los procesos productivos**

La productividad y la eficiencia en cualquier proceso productivo es muy importante, ya que parte de esta instancia para poder determinar que método aplicar para una buena planificación del proceso productivo. La eficiencia en que se realiza los procesos

productivos determina como dicho proceso se va manejando de acuerdo a los estándares determinados, si cumple dichos estándares es que el proceso va por buen camino y si no es porque necesita una mejora continua. Se dice que en un proceso siempre se debe haber una mejora continua, ya que toda empresa trata de mejorar día a día brindando mayor productividad, a mejor calidad y a menor costo.

Los métodos simples utilizados para planificar y medir un sistema de patrón de producción son desarrollados a partir de la definición básica de la eficiencia de trabajo. El tiempo de procesamiento se le asigna como variable y se utiliza para escribir la ecuación de eficiencia de la producción. En consecuencia, dicha ecuación es ampliamente utilizado para elaborar el método de planificación para la producción y de esta manera aumentar la productividad en la empresa

### **Mejora continua**

Metodología que consiste en detectar los problemas que influyen en los procesos así como sus causas, buscando mejorar la eficiencia de la producción ya sea de bienes o servicios, esto se realiza creando planes de acción que garanticen la mejora del proceso.

Bajo esta metodología el primer paso es identificar la necesidad de mejora identificando si algún componente del proceso no cumple con la calidad requerida o se requiere incluir nuevos elementos que correspondan.

El ciclo para la mejora continua comprende:

1. Diagnóstico de la situación existente
2. Establecimiento de los objetivos para la empresa
3. Planteamiento de posibles soluciones para lograr los objetivos
4. Evaluación y selección de las soluciones planteadas
5. Implementación de la solución escogida
6. Control y evaluación de los resultados de la implementación para verificar que se alcanzaron los objetivos
7. Formalización de los cambios

La mejora continua debe ser constante por lo cual se debe crear una cultura de tal forma que todo el personal se encuentre activamente involucrado.

Las herramientas que se usan para la mejorar continua:

1. Diagrama de Pareto
2. Diagrama causa efecto
3. Histograma
4. Estratificación
5. Hoja de verificación
6. Diagrama de dispersión
7. Gráfico de control

## **Six Sigma**

Six Sigma es una metodología de mejora de procesos la cual está basada en la reducción de los defectos en la entrega de un producto o servicio teniendo como meta 3,4 defectos por millón de oportunidades, teniendo en cuenta que un defecto es todo aquel producto o servicio que no cumple con los requisitos del cliente.

Esta metodología fue creada por Motorola en la década del 80 y puede ser aplicada en cualquier tipo de empresa ya sea de bienes o servicios.

El nivel sigma se refiere a cuantas desviaciones estándar caben dentro de nuestros límites específicos del proceso, es decir corresponde a la medida de que tan buen proceso se ha ejecutado refiriéndose a los defectos por millón de oportunidades (DPOM).

El DMAMC es el método aplicado para el Six sigma que consta de 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Los resultados de aplicar el Six sigma se pueden reflejar en 2 situaciones: mejorar las características del producto o servicio y/o reducción de costos que es consecuencia de la disminución de fallas y tiempos de proceso.

## **Calidad**

La calidad se puede definir como el resultado del cumplimiento de requisitos y la satisfacción de necesidades del cliente brindándole un bien o servicio que tenga las características y propiedades que el consumidor requiera o más. Podemos decir que dependiendo si un bien o servicio es aceptado o rechazado se puede definir como bueno o malo.

Para Deming la calidad es: “El grado perceptible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y adecuado a las necesidades del clientes” (Deming, 1982).

## **AQL**

AQL o nivel de calidad aceptable es un método estadístico que permite controlar la calidad a partir de un número determinado de muestras las cuales son evaluadas para determinar la calidad total de una producción con un nivel de fiabilidad definido.

Debemos tener cuenta que a pesar de los procesos automatizados con el que hoy en día cuentan las empresas, los cuales nos permiten garantizar niveles de calidad altos, cada proceso de producción tiene un porcentaje de defectos el cual debe ser controlado, por lo cual todos los procesos deben ser monitoreados por controles de calidad desde el ingreso de la materia prima hasta el producto final.

Ya que no es posible verificar la calidad de cada producto pues varios métodos de ensayo son destructivos, estos ensayos se deben aplicar a una muestra pequeña pero representativa de la producción total según las normas y especificaciones determinadas.

## **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto o Distribución ABC es una herramienta de calidad que consiste en realizar una gráfica para asignar en orden de prioridad los principales efectos (problemas o errores) de una actividad o proceso, organizando los datos de forma descendente y de izquierda a derecha, teniendo en cuenta que en la distribución el 80% de los efectos generados, se deben al 20 % de las causas raíz. Es decir, el diagrama nos permite visualizar e identificar las fallas más importantes que deben ser atacadas para mejorar el proceso.



## **TPM**

El TPM o Mantenimiento Productivo Total que nació en Estados Unidos tiene sus bases en el concepto de mantenimiento productivo que se desarrolló en los años cincuenta.

El mantenimiento preventivo consiste en revisiones planificadas en las cuales se realizan actividades que prevengan las fallas como cambios, sustituciones, lubricaciones, etc.

El TPM permite asegurar la disponibilidad y efectividad de los procesos y equipos mediante la reducción de fallas, defectos y tiempos de paradas por cambios, de igual forma se respalda en actividades de orden y limpieza en la que se involucra al operador de la maquina buscando la participación del personal de producción ya que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, que pueden realizarse también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente y no solo por personal de mantenimiento.

El TPM presenta las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
- Mejoramiento de la productividad: Aumento del tiempo disponible
- Flujos de producción continuos: Asegura los tiempos para un correcto planeamiento al tener más tiempo disponible para producir.
- Optimización del capital humano
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: reduce el gasto excedente en compres urgentes.
- Reducción de costos operativos.

## **OEE**

Nakajima (1991) propuso el término Overall Equipment Effectiveness (OEE) o Eficiencia General de Equipos como una medida para evaluar el progreso del TPM.

Este índice es el resultado de la multiplicación de tres factores:

## Disponibilidad x Rendimiento x Calidad



Figura 1. Clasificación de la OEE. Tomada de "La teoría de la medición del despilfarro" por José Cruelles Ruiz. Recuperado de <https://books.google.es>.

Una de las más importantes contribuciones del OEE fue considerar las pérdidas que los equipos producen. Antes del OEE, sólo la disponibilidad era considerada en la Utilización del equipo, el resultado era la sobre estimación de la utilización del equipo. Dentro del contexto, el OEE puede ser considerado la combinación de operación, mantenimiento y administración de los recursos y equipos de manufactura; además, el OEE tiene la propiedad de revelar los costos escondidos que se producen por pérdidas. Mediante el OEE se hace posible detectar las fallas más comunes y repetitivas de una línea de producción con el objetivo de poder combatirlos. Su aplicación como parte del TPM ayuda a mejorar la efectividad de las líneas, reducir las pérdidas por calidad y así mejorar la rentabilidad. (Palomino, 2012)

(Cruelles Ruiz, 2010) El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

Tabla1  
Clasificación de los valores de la OEE.

OEE	Calificativo	Consecuencias
<b>OEE &lt; 65%</b>	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
<b>65% &lt; OEE &lt; 75%</b>	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
<b>75% &lt; OEE &lt; 85%</b>	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
<b>85% &lt; OEE &lt; 95%</b>	Buena	Entra en Valores World Class. Buena competitividad.
<b>OEE &gt; 95%</b>	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad.

*Nota.* Tomada de “La teoría de la medición del despilfarro” por José Cruelles Ruiz.  
Recuperado de <https://books.google.es>

La OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual. Finalmente, la OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2000.

La OEE considera 6 grandes pérdidas:

Paradas/Averías.  
Configuración y Ajustes.  
Pequeñas Paradas.

Reducción de velocidad.

Rechazos por Puesta en Marcha.

Rechazos de Producción.

Las dos primeras, Paradas/Averías y Ajustes, afectan a la Disponibilidad. Las dos siguientes Pequeñas Paradas y Reducción de velocidad, afectan al Rendimiento y las dos últimas Rechazos por puesta en marcha y Rechazos de producción afectan a la Calidad.

## **CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis General**

**H1:** La aplicación de un sistema de indicadores de efectividad en el área de puntas de bolígrafo influye en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos.

**H0:** La aplicación de un sistema de indicadores de efectividad en el área de puntas de bolígrafo no influye en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos.

### **3.2 Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis Específica 1:**

**He1:** La aplicación del indicador de disponibilidad influye en la disminución de tiempos de paradas.

**He01:** La aplicación del indicador de disponibilidad no influye en la disminución de tiempos de paradas.

#### **Hipótesis Específica 2:**

**He2:** La aplicación del indicador de eficiencia influye en un aumento de productividad.

**He02:** La aplicación del indicador de eficiencia no influye en un aumento de productividad.

#### **Hipótesis Específica 3:**

**He3:** La aplicación del indicador de calidad influye en la disminución de los rechazos.

**He03:** La aplicación del indicador de calidad no influye en la disminución de los rechazos.

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Identificación de variables**

##### **Variables Generales:**

Tipo de maquina

Procedencia

Antigüedad

Tiempo de mantenimiento

##### **Variables de Estudio**

Velocidad en maquina

Capacidad instalada

Capacidad efectiva

Cumplimiento de producción

Mermas

Disponibilidad

Eficiencia

Calidad

OEE

### 3.3.2 Operacionalización de variables

- VARIABLES GENERALES**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	VALORES	INSTRUMENTO DE MEDICION
<b>Tipo de máquina</b>	Marca de la máquina productora puntas.	Cualitativo	Nominal	Marca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mikron LX-24</li> <li>ALBE</li> </ul>	Observación
<b>Procedencia</b>	País donde fue fabricada dicha máquina	Cualitativo	Nominal	País	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alemania</li> <li>Suiza</li> </ul>	Observación
<b>Antigüedad</b>	Tiempo transcurrido desde su fabricación	Cuantitativo	Continuo	Años	En años	Observación
<b>Tiempo de Mantenimiento</b>	Tiempo transcurrido desde su último mantenimiento	Cuantitativo	Continuo	Años	En años	Entrevista

- **VARIABLES DE ESTUDIO**

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>Velocidad</b>		Cantidad de puntas producidas por minuto	Máquina	Cuantitativo	Continua	Piezas/Minuto	Observación
<b>Capacidad instalada</b>		Capacidad teórica de producción anual del área	Maquinaria	Cuantitativo	Continua	Piezas/año	Observación
<b>Capacidad efectiva</b>		Capacidad óptima real de producción anual del área	Maquinaria	Cuantitativo	Discreta	Piezas/año	Observación
<b>Cumplimiento de producción</b>		Porcentaje de producción entregada en función a la producción solicitada.	Producto o material	Cuantitativo	Intervalo	(Entregado/Pedido)*100 %	Observación
<b>Mermas</b>	<b>Alambre</b>	Relación entre la cantidad de alambre pedido (kg) y el utilizado	Material	Cuantitativo	Intervalo	% pérdida	Observación
	<b>Billas</b>	Relación entre la cantidad de billas pedidas (un) y el utilizado	Material	Cuantitativo	Intervalo	% pérdida	Observación



VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICION
<b>Disponibilidad (D)</b>	Capacidad de un componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo	Maquinaria	Cuantitativo	Razón	% (1- T. paradas/ T. total)	Observación
<b>Eficiencia (E)</b>	Utilización correcta y con la menor cantidad de recursos para conseguir un objetivo	Maquinaria	Cuantitativo	Razón	% (1- P. real/ P. teórica)	Observación
<b>Calidad (C)</b>	Capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro,	Producto o material	Cuantitativo	Razón	% piezas óptimas	Observación
<b>OEE</b>	Razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.	Maquinaria	Cuantitativo	Intervalo	(D*E*C)%	Observación
<b>Productividad (P)</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos.	Maquinaria	Cuantitativo	Razón	Producción/H-H	Observación

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Tipo de Investigación

Investigación cuantitativa, descriptiva aplicada correlacional de diseño pre-experimental y tipo transversal.

### 4.2 Diseño de la Investigación

El estudio se basa en una investigación descriptiva dado que brinda información de la situación problema actual y transversal porque hará un corte en el tiempo (1 año) para ver los cambios que producirá la aplicación de la herramienta en estudio.

Además es de tipo correlacional ya que no se manipula una variable independiente experimental y se basa en la observación, para finalmente relacionarlas para la toma de un indicador general.

Finalmente es de tipo pre experimental debido a que modifica cada una de las variables constituyentes de este sistema de indicadores (disponibilidad, eficiencia y calidad) según las fallas o problemas establecidos en los paretos mediante herramientas de mejora continua. Siguiendo el siguiente esquema.

Esquema:

$$G: O_1 - T - O_2$$

O<sub>1</sub>: Pre-aplicación

T: Tratamiento

O<sub>2</sub>: Post-aplicación

### 4.3 Población y muestra

**Población:** Todas las máquinas (13) que fabrican puntas de bolígrafo en dicha área de puntas.

**Muestra:** Dado el tamaño de la población, y que las máquinas son del mismo tipo se decide tomar solo la máquina N° 9 como muestra y proceder a su evaluación.

#### **4.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos**

Como técnica se empleara la observación, donde los datos serán tomados de manera directa en la misma área de producción de puntas.

#### **4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el análisis de los datos, estos serán introducidos en la base de datos del paquete SPSS 23.0. Los resultados serán presentados utilizando estadística descriptiva con el uso de Tablas y gráficas diseñadas específicamente para este fin.

Para variables cualitativas, se obtendrá la distribución porcentual según Frecuencias Absolutas y Relativas.

Para variables cuantitativas, se establecerá medidas de tendencia central (media, moda, mediana) y medidas de dispersión (varianza, desviación estándar).

Además, se hará uso de los programas Microsoft Office Excel y Power Point 2010, para una mejor visualización de los resultados en la Presentación Final.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 Presentación de Resultado

Se evaluaron los resultados con un nivel de confiabilidad de 99%, ya que son fuentes primarias o reales de la empresa estudiada.

Los resultados estadísticos para la productividad, tiempo de paradas en máquina y rechazos fueron:

Tabla 2

*Estadísticos descriptivos de variables dependientes.*

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Productividad	12	2750	4146	3703,25	423,246	179137,114
Paradas	12	470	2300	1183,58	564,199	318320,629
Rechazos	12	6	14400	2474,33	5062,007	25623911,879
N válido (por lista)	12					

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Y los resultados estadísticos para los indicadores evaluados fueron:

Tabla 3

*Estadísticos descriptivos de variables independientes.*

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Disponibilidad	12	72,53	98,49	93,8125	6,95661	48,394
Eficiencia	12	51,26	91,06	76,9333	13,37790	178,968
Calidad	12	95,13	100,00	98,9600	1,67537	2,807
OEE	12	36,60	86,89	72,2392	16,04080	257,307
N válido (por lista)	12					

Nota: Elaboración propia con el SPSS

## PARADAS EN MÁQUINA N° 9

- Pre aplicación de indicador Disponibilidad

Tabla 4

*Tiempo de paradas en máquina N°9 antes de aplicación de OEE*

Paradas (min)	Año Pre-OEE
Mes1	2,824
Mes2	3,456
Mes3	3,387
Mes4	3,011
Mes5	3,134
Mes6	2,901
Mes7	2,928
Mes8	2,987
Mes9	2,657
Mes10	2,684
Mes11	2,711
Mes12	2,512
Promedio	2,933
Desv. std	287
Varianza	82,425

Nota. Elaboración propia

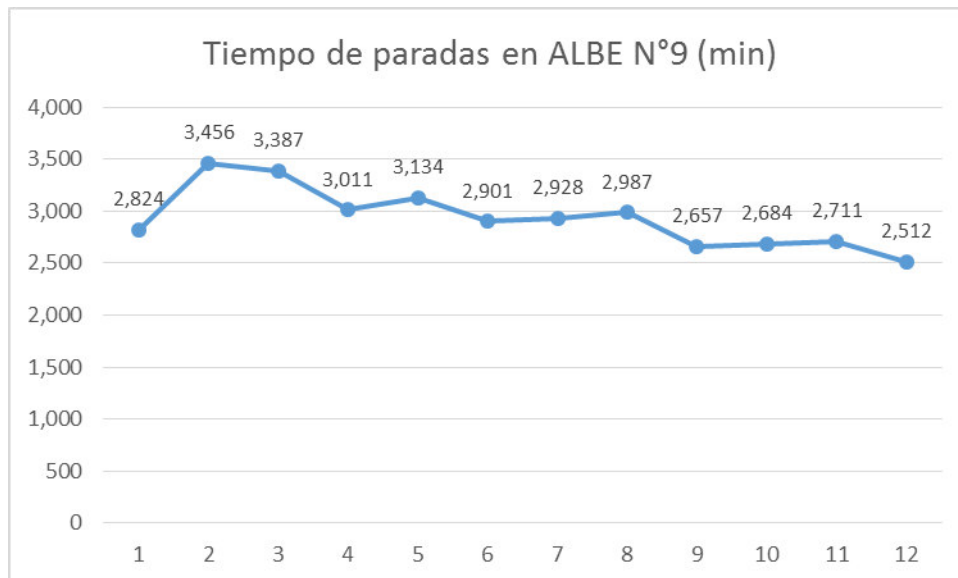


Figura 2. Tiempo de paradas pre-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.

- **Aplicación de mejoras según principales paradas halladas en Pareto de Disponibilidad**

Según el Pareto de las principales fallas:

Tabla 5  
Tabla de Pareto de fallas

Falla	Duración (min)	%	% Acumulado
Alarma capilar/control bareno	8,278	23.52%	23.52%
Pinta claro y oscuro	4,500	12.79%	36.31%
Alarma de presencia de billa	3,919	11.14%	47.45%
Rebordeo defectuoso	3,490	9.92%	57.36%
Flujo bajo	3,355	9.53%	66.90%
Deja de pintar	1,929	5.48%	72.38%
Goteo alto	1,194	3.39%	75.77%
Flujo alto	1,072	3.04%	78.82%
Variación de medidas	1,056	3.00%	81.82%
Punta con viruta	918	2.61%	84.43%
Salida de billa menor a la tolerancia	888	2.52%	86.95%
Alarma de mesa	796	2.26%	89.21%
Alarma de presencia de pieza	551	1.57%	90.78%
Pasa punta con billa	490	1.39%	92.17%
Pulsador apagado	398	1.13%	93.30%
Alarma abre-pinza	352	1.00%	94.30%

Salida de billa mayor a la tolerancia	260	0.74%	95.04%
Sin rebordeo	260	0.74%	95.78%
Canales incompletos	214	0.61%	96.39%
Salto de cuchilla en llave principal	184	0.52%	96.91%
No tiene pase	184	0.52%	97.43%
Alarma de extracción	153	0.43%	97.87%
Sin billa	138	0.39%	98.26%
Tablero no enciende	138	0.39%	98.65%
sensor defectuoso	138	0.39%	99.04%
Guardamotor	107	0.30%	99.35%
Motor no arrancaba	92	0.26%	99.61%
Motor detenido	92	0.26%	99.87%
Sin limpiador	46	0.13%	100.00%
<b>Total general</b>	<b>35,192</b>	<b>100.00%</b>	

Nota: Elaboración propia

Se estableció que el sobreconsumo de herramientas, fallas eléctricas y productos defectuosos, tienen 2 causas raíces:

1. Alta temperatura de trabajo del aceite recirculante en máquina.

**Solución propuesta:** Instalación de intercambiador de calor Aceite-agua en máquina ALBE N° 9 (ver apéndice D)

### Resultados:

Se controló la temperatura en las máquinas durante 2 meses y se obtuvieron los siguientes resultados:

	1		2		3		4		5		6		8		7		9		10		11		12	
	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA	ACEITE	AGUA
08-ene	39.7	29.6	36.6	29.5	36.5	29.6	36.0	30.0	44.4	29.8	40.0	29.0	50.2	30.2	48.4	30.0	50.4	30.5			42.1	29.3	34.0	30.5
13:00 / 27.7																								
26-ene	37.4	27.6			34.9	26.9	33.5	27.5	40.9	27.9	38.1	27.9			42.1	27.9	43.7	28.2			39.2	27.5	32.6	27.8
12:00 / 27.7																								
27-ene	36.6	27.1	35.8	26.9	35.1	26.4	33.5	27.1	41.8	27.8	37.4	27.6			42.8	27.2	44.6	27.9	35.4	27.1	39.4	27.0	34.6	27.3
12:50 / 26.3																								
02-feb	35.6	24.3	34.2	24.1	36.7	24.3	33.5	23.1	40.6	23.6	36.1	22.9			41.0	23.9	42.6	22.3	36.4	23.3	41.6	22.7	33.7	23.1
12:50 / 23.1																								
03-feb	38.1	28.1	35.1	27.9	35.9	27.2	34.3	27.8	42.6	28.6	38.7	28.6			42.6	27.6	45.6	28.2	36.7	28.1	40.3	27.7	34.8	27.8
12:50 / 27.4																								
04-feb	38.2	26.7	35.2	26.6	35.0	26.4	32.8	26.4	42.1	27.0	29.6	26.5			30.6	26.2	43.0	26.7	33.8	26.6	28.9	26.2	33.9	26.2
13:15 / 26.2																								
06-feb	39.1	29.4	36.4	28.9	36.4	28.6	35.7	29.0	43.6	29.6	39.8	29.6			44.0	28.5	44.1	29.3	37.4	29.3	40.4	28.8	36.1	28.4
13:10 / 28.4																								

Figura 3. Resumen de control de temperaturas por máquina. Elaboración propia.

Se realizaron los cálculos respectivos mediante los siguientes datos:

Tabla 6  
Capacidad de aceite y agua en máquina

Aceite (Shell Morlina 10)	
Capacidad o Volumen en máquina	1 cilindro (209 L)
Tiempo de purga total de aceite	1.4 min
Volumen de aceite constante en máquina	3.5 - 4 L
Agua	
Caudal de agua	8750 L/Hr ó 146 L/min
Temperatura de entrada (Te)	23.1 °C
Temperatura de salida (Ts)	31.2 °C

Nota: Elaboración propia

La cantidad de calor absorbido por el agua será máxima cuando salga del intercambiador a la temperatura de salida del agua (caliente); por lo tanto:

$$\dot{Q}_{max} = \frac{Q_{max}}{\Delta t} = \frac{m_h}{\Delta t} c_p (T_s - T_e)$$

$$\frac{Q_{max}}{\Delta t} = \frac{146 \text{ Kg}}{60 \text{ s}} \left( 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \times ^\circ\text{C}} \right) (31.2^\circ\text{C} - 23.1^\circ\text{C}) = 82.4 \text{ KW}$$

Es decir, la corriente existente de agua fría tiene el potencial de absorber calor a razón de 82.4 kJ/s del aceite caliente entrante. Se tendería a este valor en un intercambiador a contraflujo o contracorriente. Un intercambiador de tamaño y costos razonables puede captar 75 % de este potencial de transferencia de calor.

Por lo tanto la capacidad nominal de transferencia de calor o calor disipado del intercambiador en proyecto debe ser:

$$\dot{Q} = \varepsilon \cdot \dot{Q}_{max} = (0.75) \left( 82.4 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} \right) = 61.8 \text{ KW}$$

Según la ficha técnica, se optó por adquirir el intercambiador de calor Bowman FG140 y comparamos las temperaturas antes y después de su instalación.



Tabla 7

*Tabla comparativa temperaturas en máquina 9 según intercambiador*

Intercambiador	anterior	Bowman FG 140	Bowman FG 140
Fecha	15-mar	16-mar	17-mar
Hora	13:05	13:05	13:05
TA (temperatura ambiental)	33 °C	32 °C	32 °C
Ingreso Agua	26.9 °C	26.3 °C	26.5 °C
Tanque aceite	42.7 °C	28.0 °C	28.2 °C
Aceite interior	39.6 °C	27.6 °C	27.8 °C
Motores superiores	41.3 °C	30.6 °C	30.5 °C
	40.5 °C	31.7 °C	31.1 °C
	40.9 °C	30.1 °C	30.6 °C
	42.0 °C	31.9 °C	32.0 °C
	42.1 °C	31.7 °C	31.8 °C
	39.9 °C	29.8 °C	29.8 °C
	43.3 °C	33.1 °C	33.2 °C

Nota: Elaboración propia

Finalmente se mantuvo la temperatura tanto del tanque de aceite como de la máquina con menos de 30°C.

2. Rápido desgaste de los rodajes de eje y motor en cada estación.

**Solución propuesta:** Instalación de lubricador de aceite FESTO LOE-D Maxi para lubricar rodajes. (Ver apéndice E)

### Resultados:

Se verifico el alto consumo de rodajes utilizados:

Tabla 8

*Consumo de rodajes Pre - OEE*

Rodajes	Año Pre-OEE
Mes4	26
Mes5	26
Mes6	20

Mes7	16
Mes8	16
Mes9	30
Mes10	16
Mes11	14
Mes12	18
<b>Promedio</b>	<b>20.2</b>
<b>Desv. std</b>	<b>5.7</b>
<b>Varianza</b>	<b>32.6</b>

Nota. Elaboración propia.

Con un caudal de 8750 l/min y 4 bar de presión, se seleccionó el lubricador LOE-D maxi de FESTO y se obtuvieron los siguientes resultados,

Tabla 9  
*Consumo de rodajes Pre y Post - OEE*

<b>Rodajes</b>	<b>Año Pre-OEE</b>	<b>Año Post-OEE</b>
Mes4	26	6
Mes5	26	2
Mes6	20	2
Mes7	16	2
Mes8	16	4
Mes9	30	2
Mes10	16	2
Mes11	14	2
Mes12	18	2
<b>Promedio</b>	<b>20.2</b>	<b>2.6</b>
<b>Desv. std</b>	<b>5.7</b>	<b>1.4</b>
<b>Varianza</b>	<b>32.6</b>	<b>2.0</b>

Nota. Elaboración propia.

- **Post aplicación de Disponibilidad**

Tabla 10  
*Tiempo de paradas en máquina N°9 pre y post-aplicación de OEE*

Paradas (min)	Año Pre-OEE	Año Post-OEE
Mes1	2,824	2,300
Mes2	3,456	1,720
Mes3	3,387	984
Mes4	3,011	1,711
Mes5	3,134	1,003
Mes6	2,901	1,800
Mes7	2,928	885
Mes8	2,987	1,115
Mes9	2,657	615
Mes10	2,684	470
Mes11	2,711	710
Mes12	2,512	890
Promedio	2,933	1,184
Desv. std	287	564
Varianza	82,425	318,321

Nota. Elaboración propia

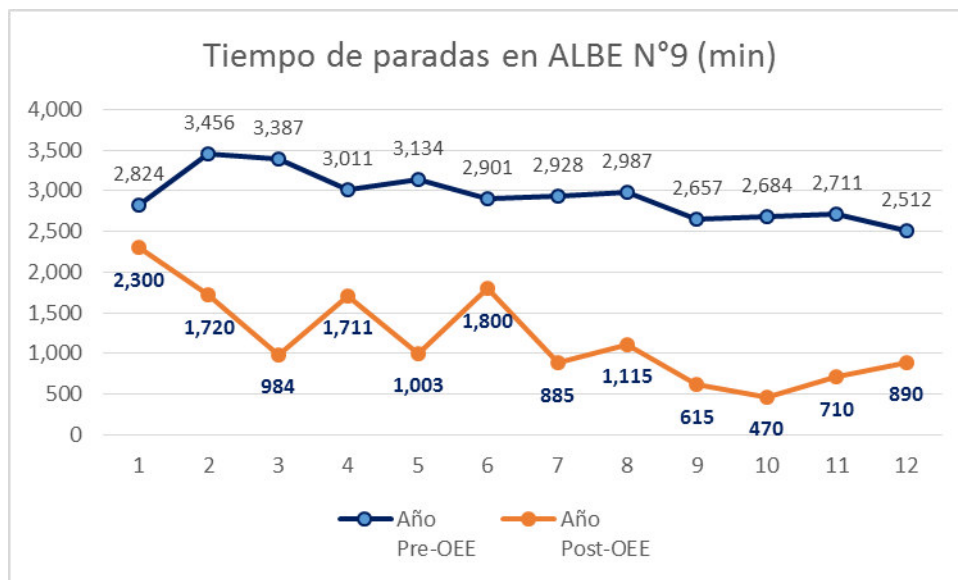


Figura 4. Tiempo de paradas pre y post-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.

## EFICIENCIA DE MÁQUINA N° 9

- Pre aplicación de Eficiencia

Tabla 11

*Productividad en máquina N°9 antes de aplicación de OEE*

Productividad (pzas/HH)	Año Pre-OEE
Mes1	2,684
Mes2	2,457
Mes3	2,489
Mes4	2,591
Mes5	2,503
Mes6	2,688
Mes7	2,676
Mes8	2,560
Mes9	2,723
Mes10	2,706
Mes11	2,715
Mes12	2,699
<b>Promedio</b>	<b>2,624</b>
<b>Desv. std</b>	<b>99</b>
<b>Varianza</b>	<b>9,706</b>

Nota. Elaboración propia

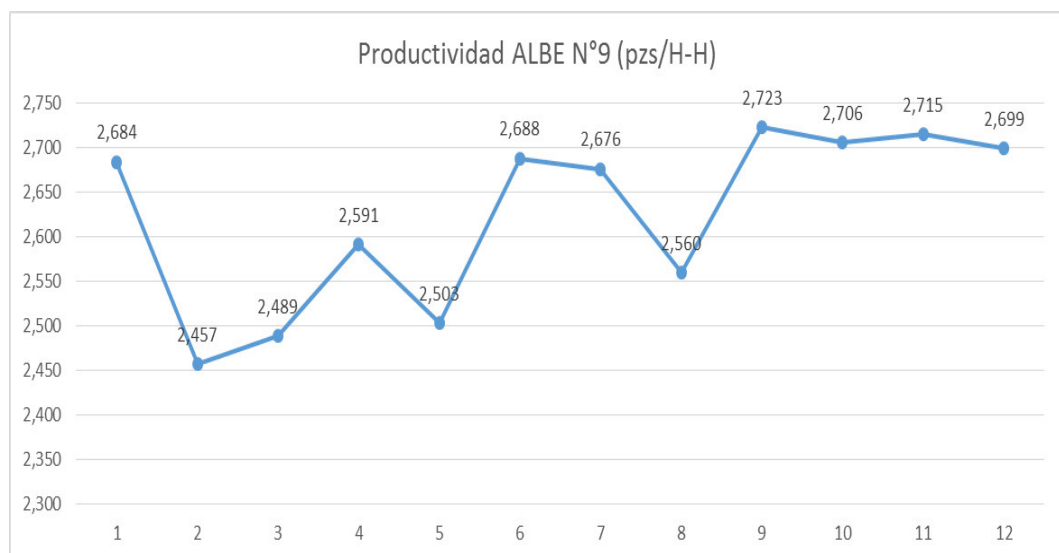


Figura 5. Productividad (pzs/Hr) pre-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.

- **Aplicación de mejoras para incrementar eficiencia de máquina**

Las mejoras se basaron en 2 puntos críticos:

1. Desabastecimiento de crudo en el vibrador de la máquina por lapsos prolongados de tiempo.

**Solución propuesta:**

Creación del Registro de Control interno de puntas fabricadas (ver Apéndice B).

Instalación de Balizas para un mejor control visual (ver Apéndice G)

*La ayuda visual de la luces en la baliza generó una respuesta más rápida sobretodo en paradas por desabastecimiento, donde solo se requería agregar el material al contenedor para que siga produciendo y no quede trabajando en vacío.*

2. Paradas continuas de máquina por mantenimiento correctivo.

**Solución propuesta:** Utilización de la herramienta de mejora continua TPM (ver apéndice F)

*Al organizar los mantenimientos antes que la máquina falle, obtenemos un mayor tiempo efectivo de trabajo en las máquinas. El TPM ayudo no solo a que las máquinas fallen menos, sino también a direccionar el trabajo de los mecánicos hacia mejoras en máquina. Situación antes impensada.*

- **Post aplicación de Eficiencia**

Tabla 12

*Productividad en máquina N°9 pre y post-aplicación de OEE*

Productividad (pzas/HH)	Año Pre-OEE	Año Post-OEE
Mes1	2,684	2,750
Mes2	2,457	2,986
Mes3	2,489	3,630
Mes4	2,591	3,657
Mes5	2,503	3,785
Mes6	2,688	3,890
Mes7	2,676	3,762
Mes8	2,560	3,874
Mes9	2,723	3,897
Mes10	2,706	4,124
Mes11	2,715	3,938
Mes12	2,699	4,146
<b>Promedio</b>	<b>2,624</b>	<b>3,703</b>

Desv. std	99	423
Varianza	9,706	179,137

Nota. Elaboración propia

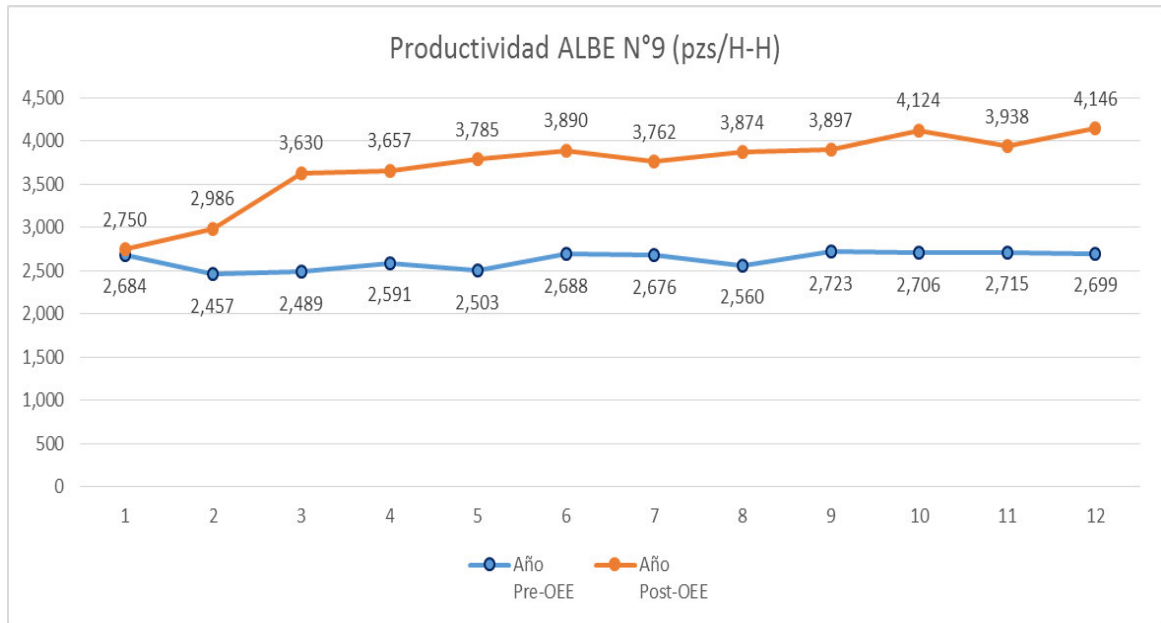


Figura 6. Productividad (pzs/Hr) pre y post-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.

## CALIDAD EN MÁQUINA N° 9:

- Pre aplicación de Calidad

Tabla 13

*Rechazos en máquina N°9 antes de aplicación de OEE*

Rechazos (pzas)	Año Pre-OEE
Mes1	120,803
Mes2	265,067
Mes3	260,695
Mes4	178,126
Mes5	197,008
Mes6	133,797
Mes7	134,435
Mes8	159,617
Mes9	45,501
Mes10	55,919
Mes11	49,806
Mes12	57,394
<b>Promedio</b>	<b>138,181</b>
<b>Desv. std</b>	<b>77,843</b>

Nota. Elaboración propia

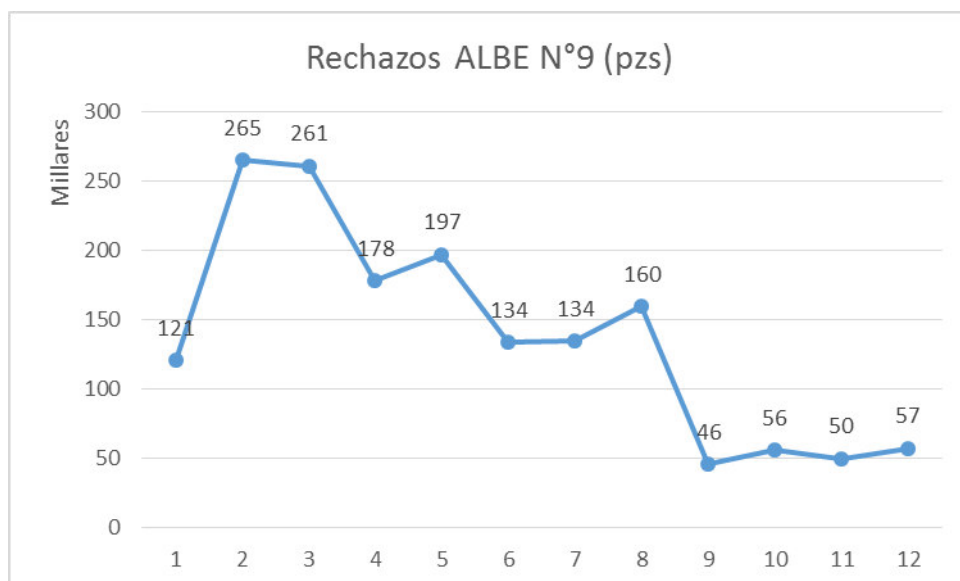


Figura 7. Cantidad de rechazos (pzs) pre-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.

- **Aplicación de mejoras según principales fallas u errores de calidad en el producto halladas en Pareto de Calidad**

Según el Pareto de las principales fallas de calidad se tuvo como principal problema:

Tabla 14  
*Tabla de Pareto de fallas de calidad*

Rechazo	Cantidad (pzas)	%	% Acumulado
Sin billa	28,424	20.88%	20.88%
Flujo bajo	26,444	19.43%	40.31%
Sin limpiador	23,072	16.95%	57.26%
Deja de escribir	19,121	14.05%	71.31%
Goteo alto	15,691	11.53%	82.84%
Flujo bajo	15,573	11.44%	94.28%
Salida de billa menor a la tolerancia	4,323	3.18%	97.46%
Sin pase	3,459	2.54%	100.00%
Billa hundida	2	0.00%	100.00%
<b>Total general</b>	<b>136,109</b>	<b>100.00%</b>	

Nota. Elaboración propia

1. Más del 20% de rechazos son por puntas sin billa.

**Solución propuesta:** Instalación de dispositivo separador de puntas sin billa en máquina ALBE N° 9 (ver apéndice H) y su control mediante la metodología six sigma.

Adicional a ello también tenemos el problema:

2. Contaminación de la canastilla del producto final con crudos que caen al momento del abastecimiento manual al vibrador de crudo.

**Solución propuesta:** Instalación de micas protectoras para la canastilla. (Ver apéndice I)



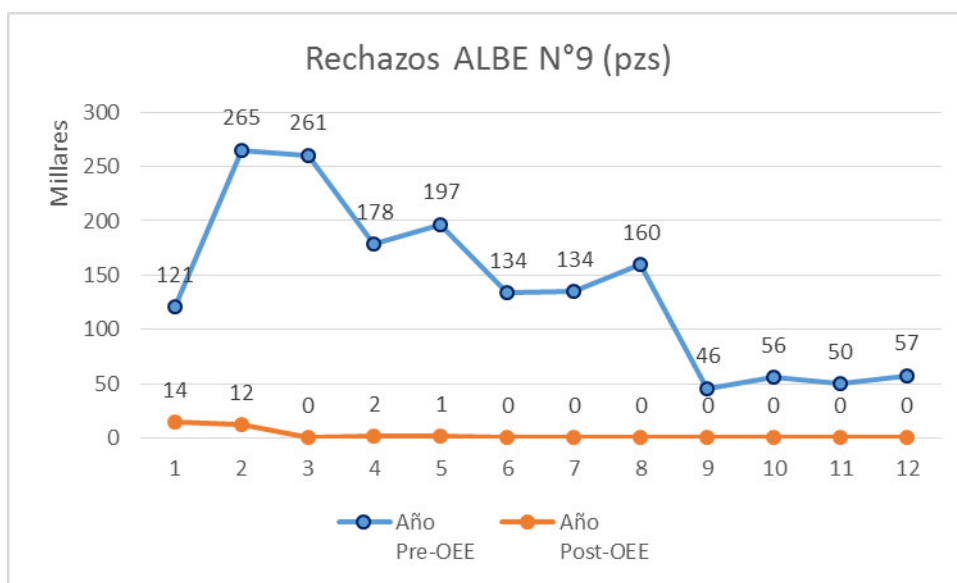
- **Post aplicación de Calidad**

Tabla 15

*Rechazos en máquina N°9 pre y post-aplicación de indicador Calidad*

Rechazos (pzas)	Año Pre-OEE	Año Post-OEE
Mes1	120,803	14,400
Mes2	265,067	12,010
Mes3	260,695	60
Mes4	178,126	1,526
Mes5	197,008	1,110
Mes6	133,797	393
Mes7	134,435	10
Mes8	159,617	61
Mes9	45,501	88
Mes10	55,919	17
Mes11	49,806	11
Mes12	57,394	6
<b>Promedio</b>	<b>138,181</b>	<b>2,474</b>
<b>Desv. std</b>	<b>77,843</b>	<b>5,062</b>

Nota. Elaboración propia



*Figura 8. Cantidad de rechazos (pzs) pre y post-aplicación OEE en máq.9. Elaboración propia.*

## Consolidado de OEE en máquina N° 9

Tabla 16  
*Evolución mensual OEE – Máquina N°9*

Mes	Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE	Estado	Productividad (pzas/H-H)	Paradas (min)	Rechazos (pzas)
01	72.53%	53.04%	95.13%	36.60%	INACEPTABLE	2,750	1,047	14,400
02	93.50%	51.26%	95.88%	45.95%	INACEPTABLE	2,986	865	12,010
03	96.67%	68.21%	99.99%	65.93%	REGULAR	3,630	660	60
04	93.58%	75.29%	98.80%	69.61%	REGULAR	3,657	2,374	1,526
05	96.17%	76.21%	99.90%	73.23%	REGULAR	3,785	1,117	1,110
06	92.32%	89.13%	99.66%	82.01%	ACEPTABLE	3,890	1,600	393
07	95.56%	76.46%	100.00%	73.07%	REGULAR	3,762	885	10
08	96.08%	83.97%	99.73%	80.46%	ACEPTABLE	3,874	1,115	61
09	98.01%	84.81%	99.43%	82.65%	ACEPTABLE	3,897	615	88
10	98.49%	87.70%	100.00%	86.37%	BUENA	4,124	470	17
11	97.42%	86.06%	99.99%	83.83%	ACEPTABLE	3,938	710	11
12	95.42%	91.06%	100.00%	86.89%	ACEPTABLE	4,146	890	6

Nota. Elaboración propia

## 5.2 Contrastación de Hipótesis

### 5.2.1 Contrastación de hipótesis específicas:

- ✓ **He1:** La aplicación del indicador de disponibilidad influye en la disminución de tiempos de paradas.

Verificamos si las Paradas siguen una distribución normal

Tabla 17  
*Prueba de normalidad para variable de paradas*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Paradas_ant	,142	12	,200 <sup>*</sup>	,951	12	,654
Paradas	,215	12	,131	,910	12	,216

Ya que la variable sigue una distribución normal procedemos a realizar una prueba paramétrica: prueba t student para muestras relacionadas.

### Prueba T: Tiempo de Paradas pre y post aplicación

Tabla 18

*Estadísticas de muestras emparejadas*

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Paradas_post	1183,58	12	564,199	162,870
	Paradas_pre	2932,67	12	287,098	82,878

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 19

*Prueba de muestras emparejadas*

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Paradas_post - Paradas pre	-1749,08	537,605	155,193	-2090,661	-1407,505	-11,270	11	,000

Nota: Elaboración propia con el SPSS

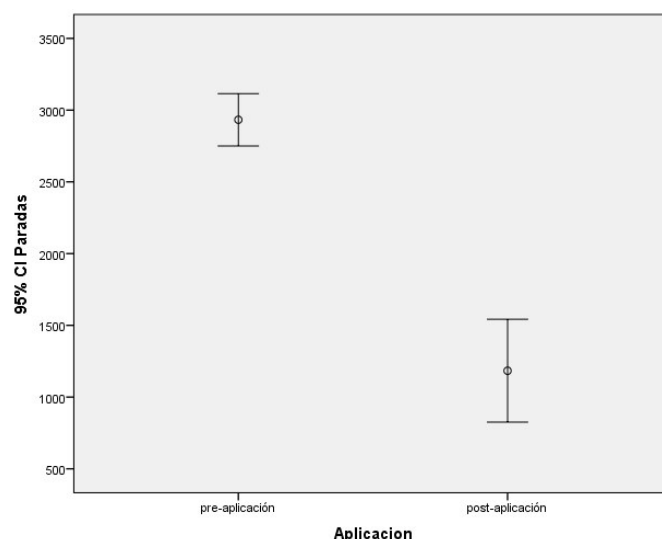


Figura 9. Diagrama de muestras emparejadas. Tiempo de Paradas pre y post aplicación

Con una significancia bilateral de 0 para un valor t negativo, se observa una disminución significativa en los tiempos de parada post aplicación del indicador disponibilidad. Esto implica que la variación observada en la tabla xx es estadísticamente significativa.

### Correlación: Disponibilidad vs Paradas

Tabla 20

*Estadísticos descriptivos de disponibilidad y paradas.*

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
Disponibilidad	93,8125	6,95661	12
Paradas	1183,58	564,199	12

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 21

*Grado de correlación disponibilidad vs paradas*

Correlaciones		Disponibilidad	Paradas
Disponibilidad	Correlación de Pearson	1	-,800**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	12	12

Paradas	Correlación de Pearson	-,800**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia con el SPSS

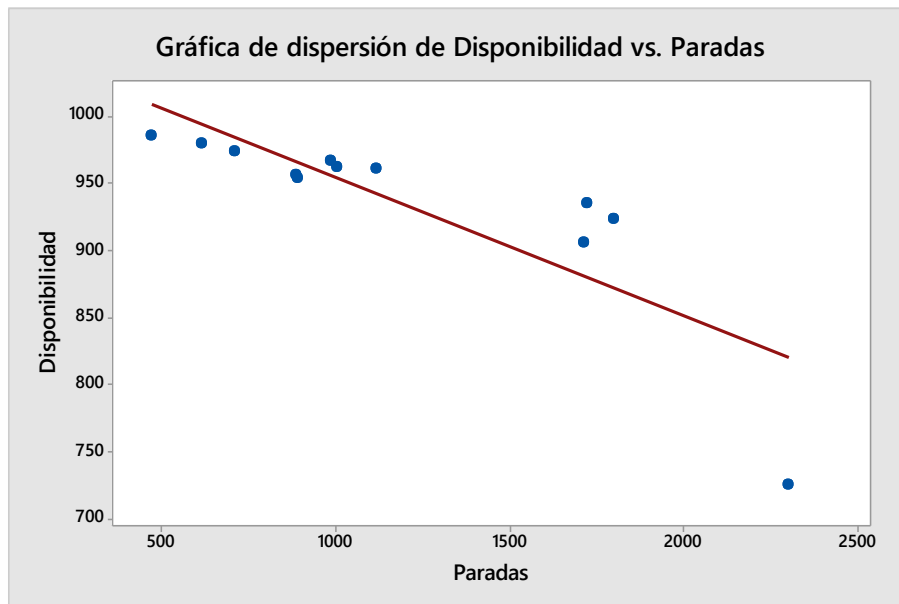


Figura 10. Disponibilidad vs Paradas. Elaboración propia con Minitab 17.

**Resultado.** Con un nivel de significancia de 0.01 y un grado de correlación negativo de 0.8. Se acepta la hipótesis nula.

✓ **He2:** La aplicación del indicador de eficiencia influye en un aumento de productividad.

Verificamos si la Productividad sigue una distribución normal

Tabla 22

*Prueba de normalidad para variable Productividad*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad_ant	,284	12	,008	,841	12	,029

Productividad	,265	12	,020	,815	12	,014
---------------	------	----	------	------	----	------

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Ya que la variable no sigue una distribución normal procedemos a realizar una prueba No paramétrica: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Tabla 23

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Productividad pre y post aplicación*

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Productividad -	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
Productividad_ant	Rangos positivos	12 <sup>b</sup>	6,50	78,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	12		

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 24

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Productividad pre y post aplicación.*

*Estadísticos de prueba*

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Productividad - Productividad_ant
Z	-3,059 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Nota: Elaboración propia con el SPSS

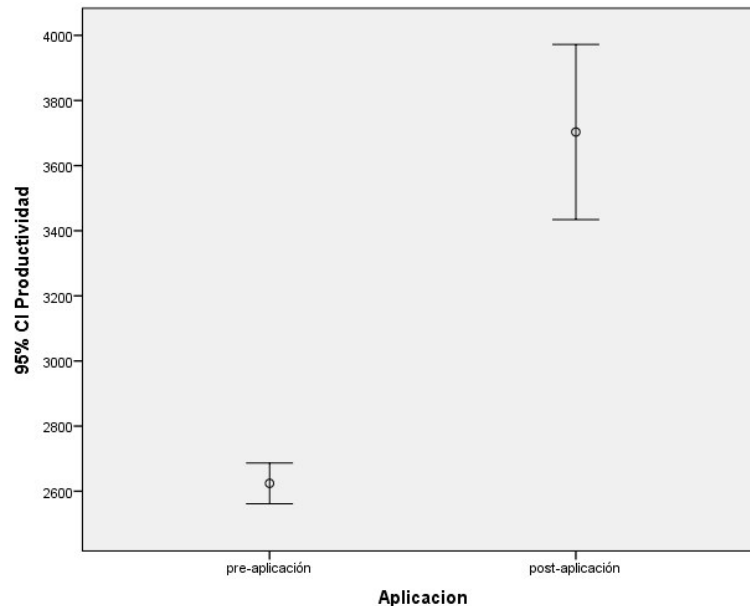


Figura 11. Diagrama de muestras emparejadas. Productividad pre y post aplicación

**Comentario:** Con una significancia bilateral de 0.002, se observa un aumento significativo de la productividad post aplicación del indicador eficiencia.

### Correlación: Eficiencia vs Productividad

Tabla 25

*Estadísticos descriptivos de disponibilidad y paradas.*

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
Eficiencia	76,9333	13,37790	12
Productividad	3703,25	423,246	12

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 26

*Grado de correlación eficiencia vs productividad*

Correlaciones			
		Eficiencia	Productividad
Eficiencia	Correlación de Pearson	1	,959**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12

Productividad	Correlación de Pearson	,959**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia con el SPSS

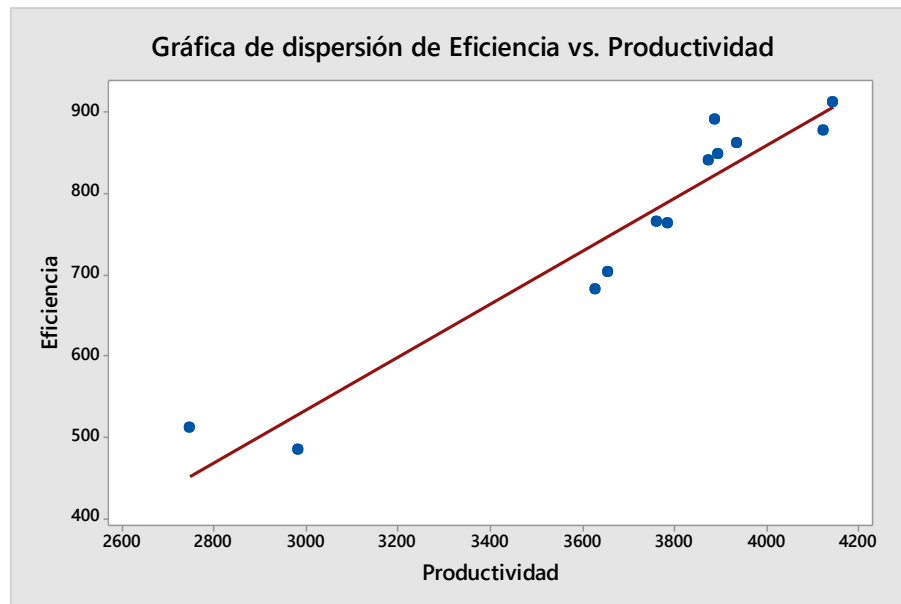


Figura 12. Eficiencia vs Productividad. Elaboración propia con Minitab 17.

**Resultado.** Con un nivel de significancia de 0.01 y un grado de correlación positivo de 0.959. Se acepta la hipótesis nula.

✓ **He3:** La aplicación del indicador de calidad influye en la disminución de los rechazos.

Verificamos si los Rechazos siguen una distribución normal

Tabla 27

*Prueba de normalidad para variable Rechazos*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rechazos_ant	,184	12	,200 <sup>*</sup>	,909	12	,210



Rechazos	,408	12	,000	,548	12	,000
----------	------	----	------	------	----	------

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Ya que la variable no sigue una distribución normal en los resultados post-aplicación procedemos a realizar una prueba No paramétrica: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Tabla 28

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Rechazos pre y post aplicación*

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Rechazos - Rechazos_ant	Rangos negativos	12 <sup>a</sup>	6,50	78,00
	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	,00	,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	12		

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 29

*Estadísticos de prueba<sup>a</sup>: Rechazos pre y post aplicación*

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Rechazos_ant - Rechazos
Z	-3,059 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Nota: Elaboración propia con el SPSS

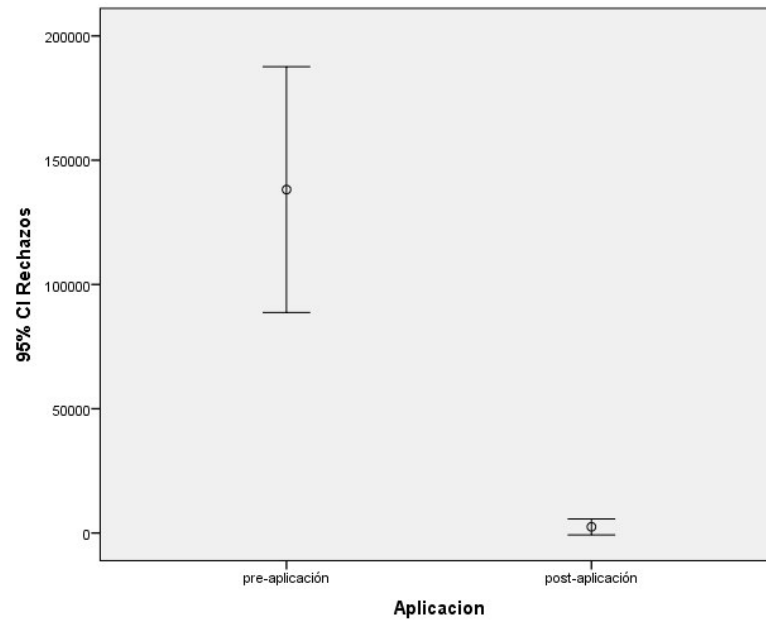


Figura 13. Diagrama de muestras emparejadas. Rechazos pre y post aplicación

**Comentario:** Con una significancia bilateral de 0.002, se observa una disminución significativa de los rechazos post aplicación del indicador Calidad.

#### Correlación: Rechazos vs Calidad

Tabla 30

*Estadísticos descriptivos de calidad y rechazos*

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
Calidad	98,9600	1,67537	12
Rechazos	2474,33	5062,007	12

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 31

*Estadísticos descriptivos de Calidad vs Rechazos*

Correlaciones		Calidad	Rechazos
Calidad	Correlación de Pearson	1	-,986**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12

Rechazos	Correlación de Pearson	-,986**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia con el SPSS

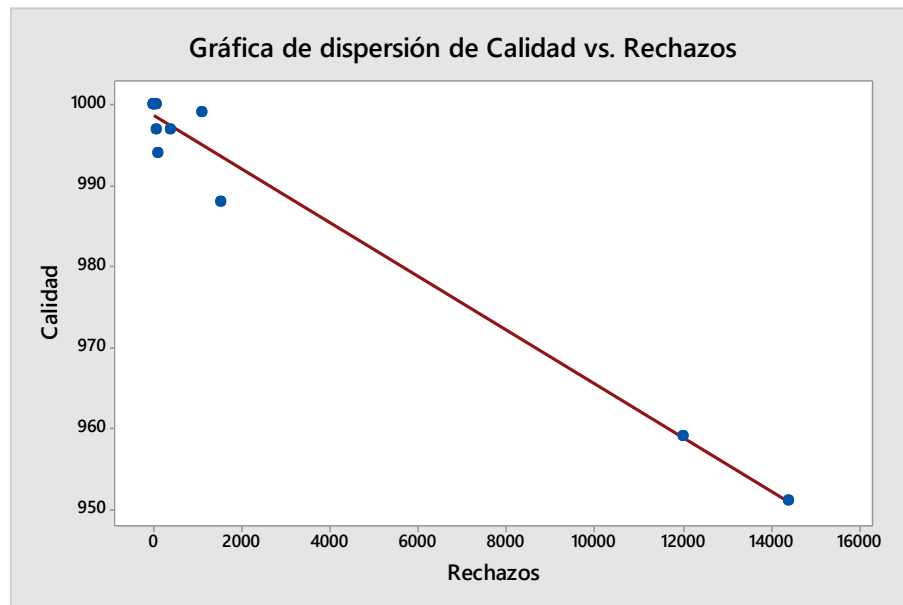


Figura 14. Calidad vs Rechazos. Elaboración propia con Minitab 17.

**Resultado.** Con un nivel de significancia de 0.01 y un grado de correlación negativo de 0.986. Se acepta la hipótesis nula.

### 5.2.2 Contrastación de hipótesis general

**H1:** La aplicación de un sistema de indicadores de efectividad en el área de puntas de bolígrafo influye en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos.

Tabla 32  
*Estadísticos descriptivos de OEE y Productividad*

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación estándar	N
OEE	72,2392	16,04080	12
Productividad	3703,25	423,246	12

Nota: Elaboración propia con el SPSS

Tabla 33  
*Estadísticos descriptivos de OEE vs Productividad*

Correlaciones			
		OEE	Productividad
OEE	Correlación de Pearson	1	,990**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
Productividad	Correlación de Pearson	,990**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Elaboración propia con el SPSS

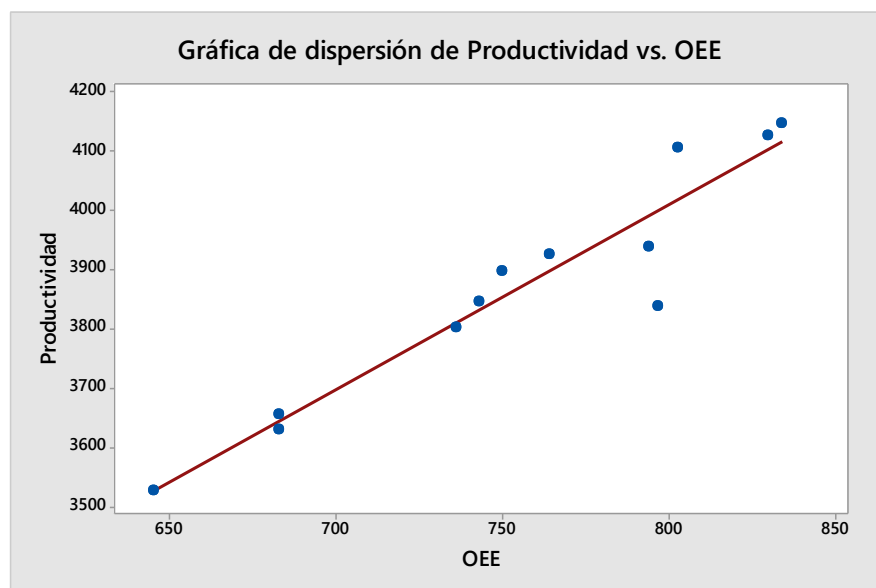


Figura 14. Productividad vs OEE. Elaboración propia con Minitab 17.

**Resultado.** Con un nivel de significancia de 0.01 y un grado de correlación positivo de 0.990. Se acepta la hipótesis nula.

### **5.3 Discusión de Resultados**

#### **A. Instalación de lubricador de aceite FESTO LOE-D Maxi para lubricar rodajes.**

Una vez instalada los lubricadores de aceite FESTO LOE-D se evidenció un aumento en el tiempo de vida de los rodajes de husillo y motor, en el caso del husillo aumento su tiempo de vida promedio de 25 a 90 días, mientras que en el rodamientos de motor aumento de 45 a 180 días, permitiendo de esta manera la disminución de los tiempos de paradas, siendo en el año Pre-OEE un promedio de 2,933 min, mientras que el año Post-OEE el promedio de tiempo de paradas fue de 1,184 min.

#### **B. Instalación de intercambiador de calor Aceite-Agua**

Al instalar el intercambiador de calor aceite-agua, la temperatura de la máquina #9 redujo notablemente, las temperaturas Pre-OEE eran de hasta 45 °C, después de la instalación del intercambiador se redujo a una temperatura promedio 28 °C, esto redujo el desgaste de las herramientas, una de las principales fallas por la cual se paraba la máquina.

#### **C. Creación del registro de control interno de puntas fabricadas e instalación de Balizas.**

En la Pre-OEE, no se tenía un control interno estandarizado de la producción, afectando directamente a los indicadores de eficiencia. En la Post-OEE se realizó un análisis y se detectó que una de las causas principales era el desabastecimiento de crudo en el vibrador, por ello se creó un formato de registro y control de la producción en la cual se estableció tiempos de controles y aspecto a revisar como es: salida de billa, rebordeo, puntas sin billas, canales y crudos en el vibrador. El tiempo que se estableció para los controles era de 30 minutos cada control.

Otro de los puntos críticos que se halló en el análisis fue la presencia de pieza, es decir que la máquina no está siendo abastecida, en su mayoría por obstrucción o por desabastecimiento, para ello la solución propuesta fue la instalación de balizas, conocido como semáforos, la cual la luz ámbar indicaba la ausencia de crudo. Estas mejoras aumentaron la productividad de un promedio de piezas por hora de 2,624 a 3,703.

**D. Instalación de dispositivo separador de puntas sin billa e instalación de micas protectoras para canastilla.**

El rechazo de puntas sin billa en la Pre-OEE, representaba más del 20%, estas puntas sin billa era principalmente a problemas de la estación del colocador de billas, la cual no operaba correctamente y la producción sin billa era mezclada con la producción buena, siendo esto detectado en el proceso de imantado la cual ocasionaba mayor tiempo de selección y mayor cantidad de merma, ante ello se decidió instalar un dispositivo de separador de puntas sin billa, y llevar un control bajo el enfoque de la metodología Six Sigma.

Sumado a lo descrito anteriormente, existía contaminación de la producción con el crudo que caía del vibrador, ocasionado los problemas en el proceso de imantado, mencionados anteriormente, ante ello se propuso la instalación de micas protectoras para la producción.

Estas mejoras redujeron la cantidad de rechazos por puntas sin billas y crudo en la máquina N° 9 de 131,424 a 2,163 piezas en la Pre-OEE y Post-OEE, siendo en la Post-OEE un % de rechazos promedio de 0.01%.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

- ✓ La aplicación del Sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) permitió tener un diagnóstico claro de la situación real de las máquinas y poder intervenir en sus tres aspectos para mejorar el proceso de fabricación de puntas de bolígrafo.
- ✓ Después de un año de iniciar la aplicación de la OEE, el indicador mejoró de 36.6% a 86.9%.
- ✓ El indicador OEE tiene una fuerte correlación e influye en el aumento de la productividad y la consecuente mejora del proceso de fabricación de puntas de bolígrafos.
- ✓ La instalación de un lubricador de rodamientos y un intercambiador nuevo disminuyó las paradas en máquina, y el indicador disponibilidad tuvo un incremento de 72.5% a 98%.
- ✓ Las paradas en máquina pasaron de 2,933 minutos antes de la aplicación de la OEE a 1,184 minutos mensuales en promedio durante el primer año.
- ✓ El indicador Disponibilidad tiene una alta correlación e influye en la disminución de tiempos de parada de máquina.
- ✓ El uso de la herramienta TPM y la inclusión de un registro de control de puntas fabricadas (que permitió un mejor control del crudo vertido en máquinas) aumentaron la eficiencia de 53% hasta un 91%.
- ✓ La productividad aumento de 2,624 pzs/Hr a 3,703 pzs/Hr.
- ✓ El indicador Eficiencia posee una fuerte correlación e influye en el aumento de la productividad.

- ✓ El indicador de Calidad mejoró de 95 a 100%, debido a la instalación de un sensor de puntas sin billa.
- ✓ Los rechazos disminuyeron de 138,181 piezas pre aplicación de la OEE a 2,474 piezas mensuales durante el año de aplicación; es decir disminuyeron en 98.2%.
- ✓ El indicador Calidad tiene una fuerte correlación e influye en la disminución de Rechazos.

## **6.2 Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda implementar este sistema así como sus mejoras para el resto de máquinas, debido a que las máquinas son del mismo tipo y funcionamiento.
- ✓ Se debe tener un seguimiento constante de la OEE, de preferencia semanal para mantener controlado el proceso.
- ✓ La claridad o especificidad en los datos de paradas en máquina o fallas del producto, permitirá una exacta evaluación de sus causas raíz en los paretos de paradas y calidad respectivamente.
- ✓ El uso de herramientas de mejora continua es vital para la mejora del indicador general.



## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Alarcon, A. (2014). *Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*. Guayaquil.
- ✓ Aldama, S. (2013). *Implementación y desarrollo de la OEE en la línea 3 de producción*. Santiago de Querétaro.
- ✓ Alonzo, H. (2010). *Una herramienta de mejora, El OEE (Efectividad global del equipo)*. Cuba.
- ✓ Apaza, R. (2015). *El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L.* Juliaca.
- ✓ Casimilas, C., & Poveda, R. (2012). *Implementación del sistema de indicadores y mejoramiento de la OEE en la línea Tubería en CORPACERO S.A.* Bogotá.
- ✓ CAVALCANTI, M. (2006). *Adaptación de un Programa de Mantenimiento Productivo Total y aplicación de un*. Lima.
- ✓ Cruelles Ruiz, J. A. (2010). Clasificación de OEE. En J. A. Cruelles Ruiz, *La Teoría de la Medición del Despilfarro* (págs. 107-108). Toledo: ra.
- ✓ Cruzado, A. (2014). *Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la gestión por procesos para la mejora de la productividad y la competitividad*. Lima.
- ✓ Deming, W. E. (1982). *Quality, productivity and competitive position*.
- ✓ Ecured. (s.f.). Recuperado el 17 de Abril de 2017, de Ecured: [https://www.ecured.cu/Mejora\\_continua](https://www.ecured.cu/Mejora_continua)
- ✓ Gestipolis. (s.f.). Recuperado el 17 de Abril de 2017, de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/que-es-seis-sigma-metodologia-e-implementacion/>
- ✓ Lean Solutions. (s.f.). Recuperado el 17 de abril de 2017, de Lean Solutions: <http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/>
- ✓ Manufactura Inteligente. (s.f.). Recuperado el 2017 de abril de 17, de Manufactura Inteligente: <http://www.manufacturainteligente.com/just-in-time-jit/>
- ✓ Mohr, P. (2012). *Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en la línea de procesos de sección de mantequilla en la industria láctea*. Chile.

- ✓ Moncayo, G., Novoa, G., & Saldaña, A. (2014). *Aplicación de la herramienta OEE en el proceso de molienda para el aumento de efectividad de los equipos en la empresa agroindustrial Mecainnova S.A.C.* Chiclayo.
- ✓ Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM: mantenimiento productivo total*. Cambridge: Productivity.
- ✓ Palomino, M. (2012). Efectividad Global de los Equipos. En M. Palomino, *Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes* (pág. 11). Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- ✓ Rodríguez Martínez, C. (2011). *Propuesta de un sistema de mejora continua para la reducción de mermas en una procesadora de vegetales en el departamento de Lima con el objetivo de aumentar su Productividad y competitividad*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- ✓ Salazar, B. (s.f.). *Ingeniería Industrial Online*. Recuperado el 2017 de Abril de 17, de Ingeniería Industrial Online:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

### Apéndice A: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<b>Problema General:</b> ¿Cómo influye la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de los equipos (OEE) en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos?	<b>Objetivo General</b> Evaluar la relación de la aplicación de un sistema de indicadores de efectividad global de equipos (OEE) en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos.	<b>General:</b> La aplicación de un sistema de indicadores de efectividad en el área de puntas de bolígrafo influye en la mejora de la productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos.	<b>Variable independiente:</b> Aplicación de un sistema de indicadores de efectividad en el área de puntas de bolígrafo. <b>Variable dependiente:</b> Productividad en la fabricación de puntas de bolígrafos	% Disponibilidad % Eficiencia % Calidad  %OEE Productividad (Pzas/Hr)
<b>Problemas Específicos:</b> ¿Cómo influye la aplicación del indicador de disponibilidad en la disminución de tiempos de paradas?	<b>Objetivos específicos</b> Demostrar que la aplicación del indicador disponibilidad permite disminuir los tiempos de paradas.	<b>Específicos:</b> La aplicación del indicador de disponibilidad influye en la disminución de tiempos de paradas.	<b>Variable independiente:</b> Aplicación del indicador disponibilidad <b>Variable dependiente:</b> Tiempo de paradas	% Disponibilidad  Tiempo de paradas
¿Cómo influye la aplicación del indicador de eficiencia en el aumento de la productividad?	Demostrar que la aplicación del indicador eficiencia permite aumentar la productividad.	La aplicación del indicador de eficiencia influye en un aumento de productividad.	<b>Variable independiente:</b> Aplicación del indicador eficiencia <b>Variable dependiente:</b> Productividad	% Disponibilidad  Productividad (pzas/H-H)
¿Cómo influye la aplicación del indicador de calidad en la disminución de rechazos?	Demostrar que la aplicación del indicador calidad permite disminuir los rechazos.	La aplicación del indicador de calidad influye en la disminución rechazos.	<b>Variable independiente:</b> Aplicación del indicador calidad <b>Variable dependiente:</b> Rechazos	% Disponibilidad  Rechazos (pzas)

## Apéndice B: Registro de control interno de puntas fabricadas

### 1. Registro de control interno de puntas fabricadas (Día).

REGISTRO DE CONTROL INTERNO DE PUNTAS FABRICADAS																				TURNO: <i>DLA</i>					
		MAQ. # 8				MAQ. # 9				MAQ. # 10				MAQ. # 11				MAQ. # 12A				MAQ. # 12B			
		R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S				
Nombre:	1° Turno	07:00																							
		07:30																							
		08:00																							
		08:30																							
		09:00																							
		09:30																							
		10:00																							
		10:30																							
		11:00																							
		11:30																							
		12:00																							
		12:30																							
		13:00																							
		13:30																							
		14:00																							
14:30																									
15:00																									
Nombre:	2° Turno	15:30																							
		16:00																							
		16:30																							
		17:00																							
		17:30																							
		18:00																							
		18:30																							

R: RECIPIENTE    P: PASE    C: CANALES    S: SALIDA DE BILLA

GPr F 013  
Versión 2

2. Registro de control interno de puntas fabricadas (Noche).

REGISTRO DE CONTROL INTERNO DE PUNTAS FABRICADAS																				TURNO: <i>NOCHE</i>					
		MAQ. # 8				MAQ. # 9				MAQ. # 10				MAQ. # 11				MAQ. # 12A				MAQ. # 12B			
		R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S	R	P	C	S				
Nombre:	2° Turno	19:00																							
		19:30																							
		20:00																							
		20:30																							
		21:00																							
		21:30																							
		22:00																							
		22:30																							
Nombre:	3° Turno	23:00																							
		23:30																							
		00:00																							
		00:30																							
		01:00																							
		01:30																							
		02:00																							
		02:30																							
		03:00																							
		03:30																							
		04:00																							
		04:30																							
		05:00																							
		05:30																							
		06:00																							
		06:30																							

R: RECIPIENTE	P: PASE	C: CANALES	S: SALIDA DE BILLA
---------------	---------	------------	--------------------

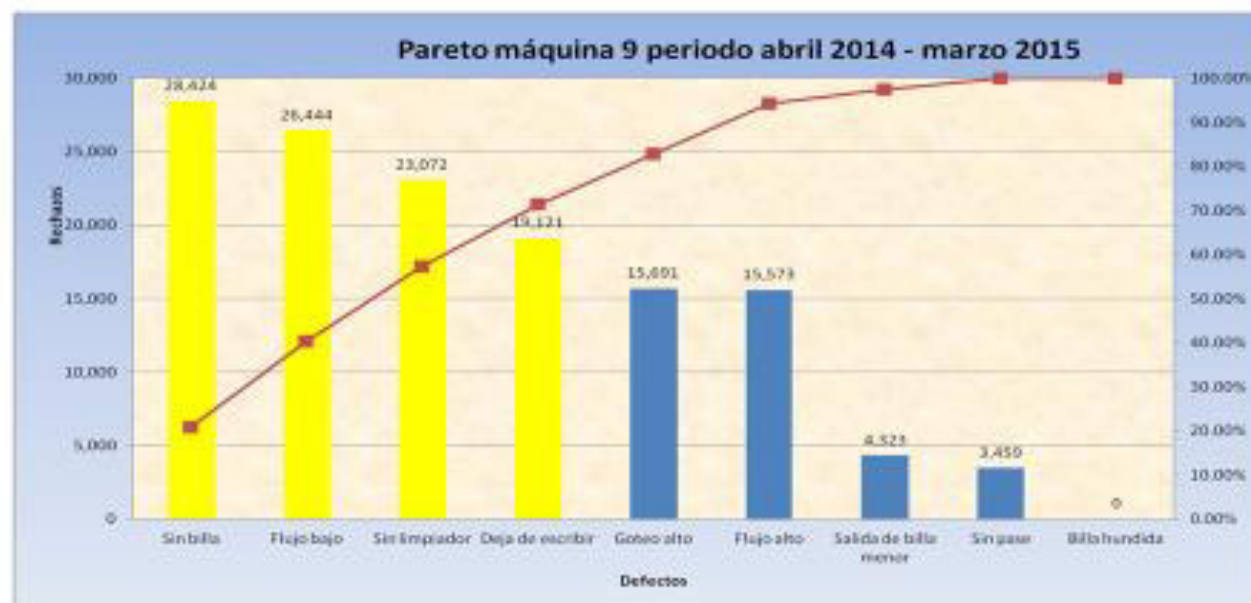
GPr F 013  
Versión 2

## Apéndice C: Pareto por fallas de calidad en máquina 9

### Máquina 9

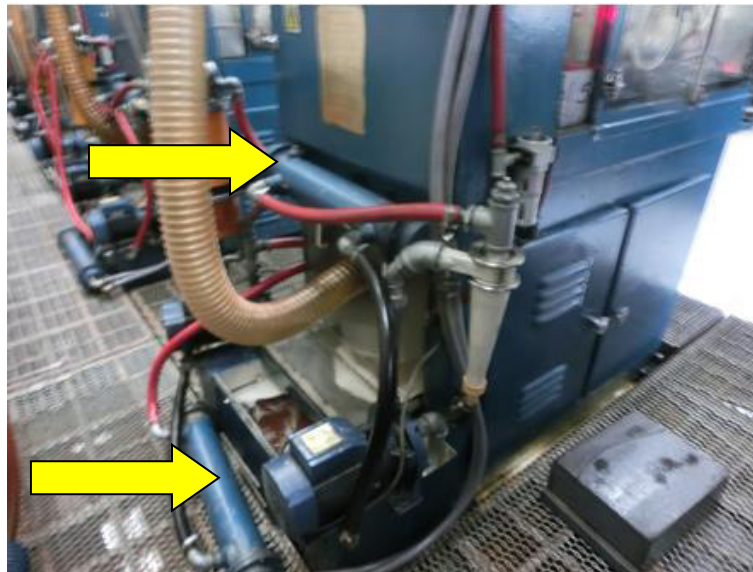
FABER-CASTELL

TOTAL PRODUCCIÓN EVALUADA	Puntas REALMENTE FALLADAS	PPM	Nivel Sigma
12,850,399	136,107	10592	3.8



## Apéndice D: Sistema de intercambiadores en máquina 9 pre y post-OEE

1. Doble intercambiador anterior de máquina N° 9



2. Intercambiador nuevo FGI40 en máquina N° 9



### 3. Ficha Técnica de refrigerador del aceite hidráulico

## Refrigeradores del aceite hidráulico

### INTRODUCCIÓN

Estos refrigeradores de aceite sirven también para líquidos de transmisión de calor, aceites de lubricación y de temple. Son productos de alta calidad que incorporan los mejores materiales y las técnicas más recientes. El haz tubular es enteramente flotante, con lo que se reducen al mínimo las tensiones térmicas, y puede sacarse fácilmente caso de ser necesaria su limpieza.

### Información de utilidad

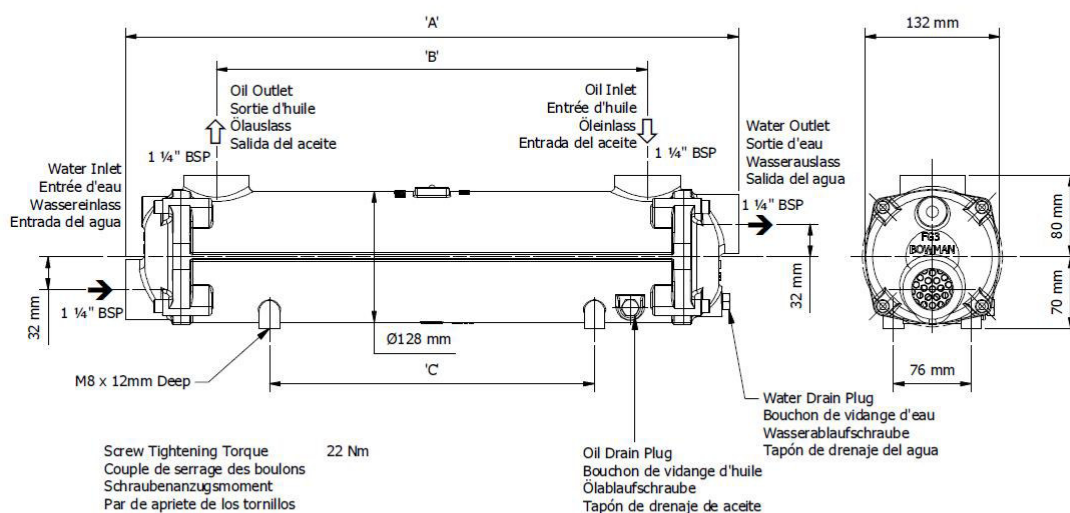
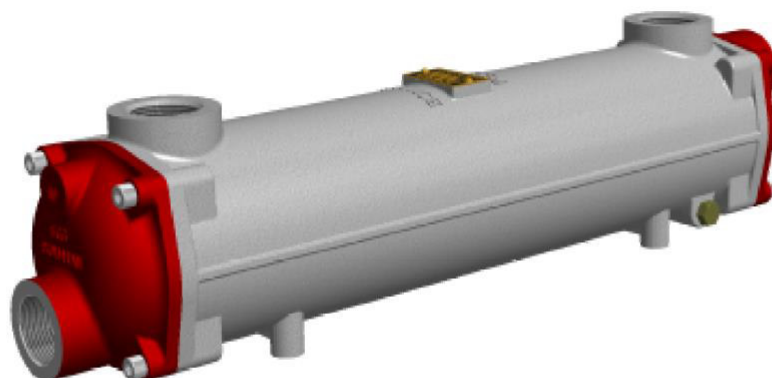
Type	*Maximum oil flow	Maximum sea water flow	Maximum fresh water flow	Internal oil volume	Internal water volume
Type	* Débit maximal d'eau d'huile	* Débit maximal d'eau de mer	Débit maximal d'eau douce	Contenance en huile	Contenance en eau
Typ	*Maximale Ölmenge	Maximale Seewassermenge	Maximale Süßwassermenge	Internes Ölvolume	Internes Wasservolumen
Tipo	*Caudal máx. de aceite	Caudal máx. agua de mar	Caudal máx. agua dulce	Volumen interior aceite	Volumen interior agua
	l/min	l/min	l/min	l (litre)	l (litre)
EC 80-1425-1	80	50	80	0.26	0.31
EC100-1425-2	92	"	"	0.49	0.44
EC120-1425-3	77	"	"	0.74	0.57
EC140-1425-4	68	"	"	0.97	0.71
EC160-1425-5	64	"	"	1.30	0.91
FC 80-1426-1	140	80	140	0.75	0.65
FC100-1426-2	145	"	"	1.10	0.84
FC120-1426-3	116	"	"	1.50	1.06
FC140-1426-4	105	"	"	2.00	1.35
FC160-1426-5	96	"	"	2.60	1.68
FG 80-1427-1	192	110	185	1.64	1.26
FG100-1427-2	190	"	"	2.40	1.56
FG120-1427-3	160	"	"	3.00	1.96
FG140-1427-4	160	"	"	3.90	2.42
FG160-1427-5	145	"	"	5.00	2.97
FG200-1427-7	130	"	"	7.58	4.53

Ejemplos típicos del funcionamiento de un refrigerador de aceite a una temperatura de salida del aceite de 50°C y a una temperatura de entrada del agua de 25°C.

Type	Heat dissipated	Oil flow	Oil pressure drop	Water flow	Head loss
Type	Chaleur dissipée	Débit d'huile	Chute de pression d'huile	Débit d'eau	Perte de hauteur manométrique
Typ	Abgeführte Wärme	Ölmenge	Öldruckabfall	Wassermenge	Druckhöhenverlust
Tipo	Calor disipada	Caudal de aceite	Caída de presión del aceite	Caudal de agua	Pérdida de altura manométrica
	kW	l/min	kPa	l/min	kPa
*EC 80-1425-1	4	80	100	80	50
*EC100-1425-2	9	92	"	80	"
*EC120-1425-3△	13	77	"	77	"
*EC140-1424-4	17	68	"	72	"
*EC160-1425-5	22	64	"	66	"
*FC 80-1426-1	13	140	100	140	50
*FC100-1426-2△	19	145	"	135	"
*FC120-1426-3	26	116	"	125	"
*FC140-1426-4	35	105	"	120	"
*FC160-1426-5	45	96	"	108	"
*FG 80-1427-1	28	192	100	185	50
*FG100-1427-2△	37	190	"	175	"
*FG120-1427-3△	50	160	"	160	"
*FG140-1427-4△	62	160	"	150	"
*FG160-1427-5△	79	145	"	135	"
*FG200-1427-7	123	130	"	120	"



FG



		A	B	C
	kg	mm	mm	mm
FG 80-1427-1	8,5	374	196	92
FG100-1427-2	10,0	472	294	190
FG120-1427-3	12,0	600	422	318
FG140-1427-4	14,5	746	568	464
FG160-1427-5	17,5	924	746	642
FG200-1427-7	24,0	1330	1152	1048

Maximum working oil pressure	20 bar	Pression effective d'huile max.	20 bar
Maximum working water pressure	20 bar	Pression effective d'eau max.	20 bar
Maximum working oil temperature	120°C	Température effective max.	120°C
Maximum working water temperature	110°C	Température effective d'eau max.	110°C

## Apéndice E: Impacto del lubricador para rodamientos en máquina 9

1. Lubricador para rodamientos LOE-D maxi (FESTO) en máquina N° 9



## 2. Ficha técnica del lubricador LOE

### Lubricadores LOE, serie D, ejecución metálica

**FESTO**

Hoja de datos

Caudal nominal normal <sup>1)</sup> qnN [l/min]					
Tamaño	Micro				
Conexión neumática 1, 2	M5	M7	G $\frac{1}{8}$	QS-4	QS-6
LOE	200	430	410	160	330

1) Medición con p1 = 6 bary  $\Delta p = 1$  bar.

Caudal nominal normal qnN <sup>1)</sup> [l/min]										
Tamaño	Mini			Midi				Maxi		
Conexión neumática 1, 2	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{3}{4}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{3}{4}$	G1
LOE	1300	2300	2700	2800	5500	6100	6300	8300	8400	9000

1) Medición con p1 = 6 bary  $\Delta p = 1$  bar.

Condiciones de funcionamiento y del entorno				
Tamaño	Micro	Mini	Midi	Maxi
Presión de funcionamiento [bar]	1 ... 10	0 ... 16		
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4] Gases inertes			
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)			
Temperatura ambiente [°C]	-10 ... +60			
Temperatura del fluido [°C]	-10 ... +60			
Temperatura de almacenamiento [°C]	-10 ... +60			
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	2			
Certificación	Germanischer Lloyd			

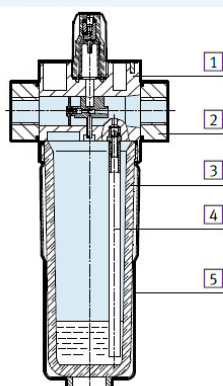
1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Pesos [g]					
Tamaño	Micro		Mini	Midi	Maxi
	Rosca de conexión	Placa base			Conexión G $\frac{1}{2}$ , G $\frac{3}{4}$
LOE	39	59	270	630	1100

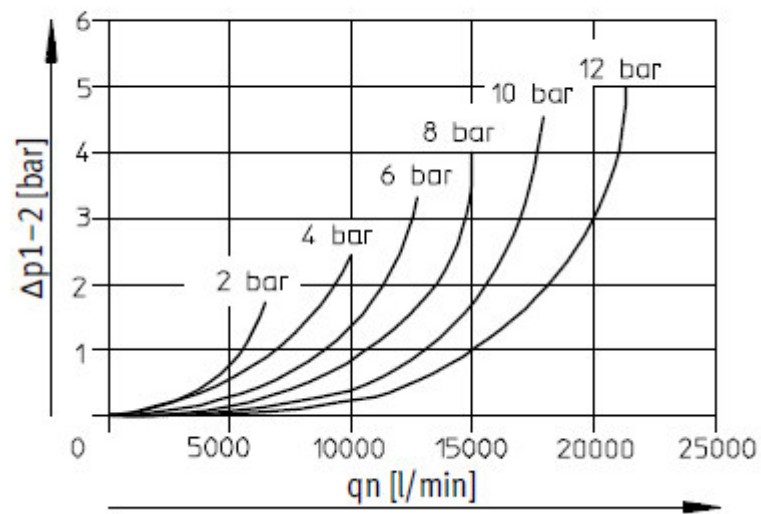
#### Materiales

Vista en sección



Tamaño	Micro	Mini/Midi/Maxi
1 Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
2 Placas base	Aleación de aluminio	Fundición inyectada de zinc / Aluminio
3 Depósito	PC	
4 Tubo flexible	PE	
5 Funda metálica de protección	—	Aleación de aluminio
— Juntas	NBR	
Características del material	Conformidad con RoHS	

# LOE-1-D-MAXI

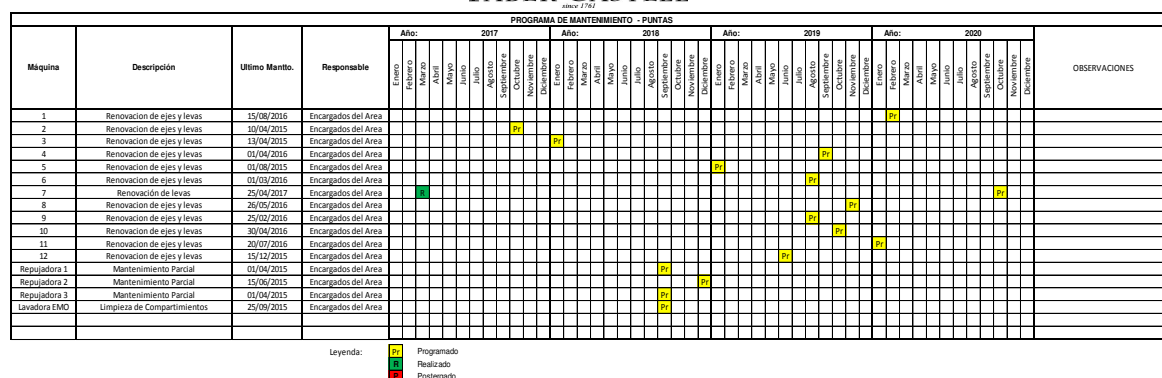


## 1. Estado de Mantenimiento en máquinas de Puntas

LAVADORA EMO

**REPUJADORA**

## 2. Programa de Mantenimiento-área de Puntas



## Apéndice G: Sistema de alerta lumínica mediante baliza

### 1. Baliza de máquina N° 9





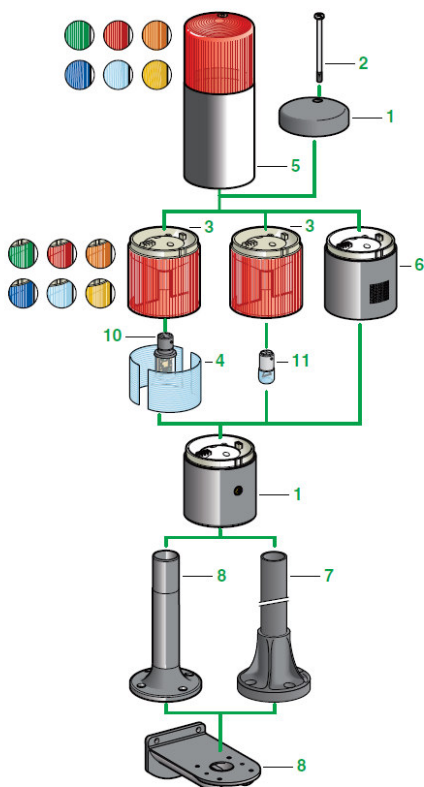
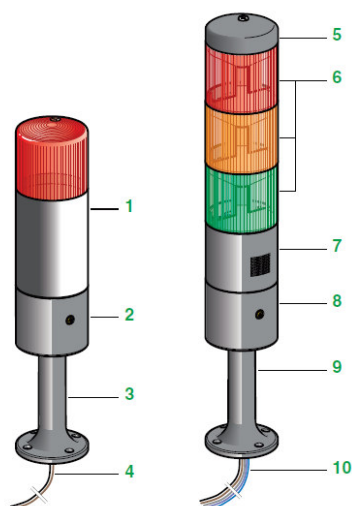
## 2. Ficha técnica de Baliza

# Balizas y columnas de señalización

## Balizas y columnas de señalización Ø 70 mm (continuación)

Harmony® tipo XVD Aplicación. Columnas de señalización y balizas precableadas completas y componentes independientes para componer

### Presentación y descripción



### Descripción

#### Columnas de señalización y balizas Ø 70 mm precableadas completas XVD

Las balizas ensambladas incluyen:

- 1 Un elemento luminoso con tubo de descarga "flash" (incluido) y lente naranja o roja.
- 2 Una base.
- 3 Una base de fijación de plástico elevada de 100 mm (tubo de soporte con placa de fijación integral), para elevar la baliza 80 mm.
- 4 Cables de conexión de diferentes colores con extremos pelados, con una longitud que sobresale del tubo de soporte: 300 mm.

Las columnas de señalización ensambladas incluyen:

- 5 Una tapa.
- 6 Dos, tres o cuatro elementos luminosos con lente roja, verde, naranja o transparente (en función del modelo) y fuente luminosa (incluida).
- 7 Un elemento sonoro (zumbador), en función del modelo.
- 8 Una base.
- 9 Una base de fijación de plástico elevada de 100 mm (tubo de soporte con placa de fijación integral), para elevar la columna 80 mm.
- 10 Cables de conexión de diferentes colores con extremos pelados, con una longitud que sobresale del tubo de soporte: 300 mm.

#### Desglose de la referencia para una columna de señalización completa<sup>(1)</sup>

		Número de unidades de señalización			
		1	2	3	4
Tensión	~ 24 V				
	~ 110 V				
	~ 230 V				
Fuente de luz	Bombilla incandescente	1			
	LED	2			
Zumbador	Sin	(2)			
	Con	S			
Elemento luminoso	Color				
	Rojo	R	R	R	R
	Naranja	A	A	A	A
	Verde	G	G	G	G
	Transparente	C	C	C	C
Señalización	Fija				
	"Flash"	(2)	(2)	(2)	(2)
		6	6	6	6

#### Ejemplo de referencia

XVD B2SGR = columna de señalización para ~ tensión de alimentación de 24 V que incluye un zumbador, un elemento luminoso de lente verde y un elemento luminoso de lente roja, ambos equipados con un LED.

#### Columnas de señalización Ø 70 mm XVD para componer

Una columna de señalización **personalizada** puede obtenerse mediante el montaje de:

- 1 Una tapa y una base que incluya un bornero extraíble<sup>(3)</sup> con entrada de cable inferior.
- 2 Un tornillo de fijación para los elementos combinados<sup>(4)</sup>.
- 3 5 elementos luminosos máximo<sup>(5)</sup> con lente roja, naranja, verde, azul o transparente, fuente luminosa no incluida<sup>(6)</sup>.
- 4 Un difusor de luz (accesorio sólo compatible con elementos luminosos equipados con un LED).
- 5 Un elemento luminoso con tubo de descarga "flash" integrado (siempre montado en la parte superior de la columna).
- 6 Un elemento sonoro (zumbador).
- 7 Una base de fijación que incluye un tubo de soporte de aluminio pegado a una placa de fijación de plástico, para elevar la columna de señalización en 80, 380 o 780 mm.
- 8 Una base de fijación de plástico (tubo de soporte con placa de fijación integral), altura de 100 mm.
- 9 Una placa de fijación zamak para utilizar en un soporte vertical.
- 10 LED montado en base.
- 11 Bombilla incandescente.

(1) Esta tabla es meramente informativa y no deberá utilizarse para crear referencias.

(2) No indicado, valor predeterminado.

(3) Las conexiones eléctricas con el bornero extraíble las deberá realizar el usuario.

(4) Tornillo de longitud variable en función del número de unidades que se deseen combinar. Deberá pedirse aparte, ver página 4/52.

(5) Máximas posibilidades de configuración:

• 5 unidades luminosas montadas en unidad básica.

• 4 unidades luminosas + 1 "zumbador" montado en unidad básica.

(6) Las bombillas incandescentes o LED deberán pedirse aparte, ver página 4/53.

## Apéndice H: Separador de puntas sin billa

### 1. Sensor de puntas sin billa en máquina N° 9



### 2. Separador de puntas sin billa en máquina N°9

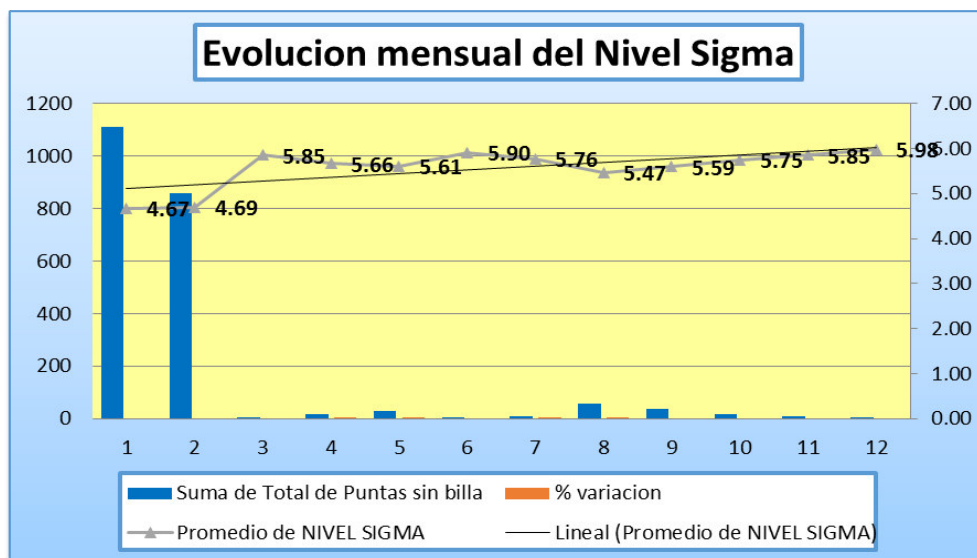




3. Cantidad mensual de puntas sin billa y nivel de sigma post-aplicación OEE

Mes	Puntas sin billa	% variación	NIVEL SIGMA
01	1110		4.67
02	860	-22.52%	4.69
03	4	-99.53%	5.85
04	19	375.00%	5.66
05	28	47.37%	5.61
06	6	-78.57%	5.90
07	10	66.67%	5.76
08	56	460.00%	5.47
09	36	-35.71%	5.59
10	17	-52.78%	5.75
11	11	-35.29%	5.85
12	6	-45.45%	5.98
<b>Total</b>	<b>2163</b>		<b>5.57</b>

4. Evolución mensual Nivel sigma puntas sin billa en máquina N°9



## Apéndice I: Mica protectora de canastilla de producción

